

<36605809730014
<36605809730014
Bayer. Staatsbibliothek

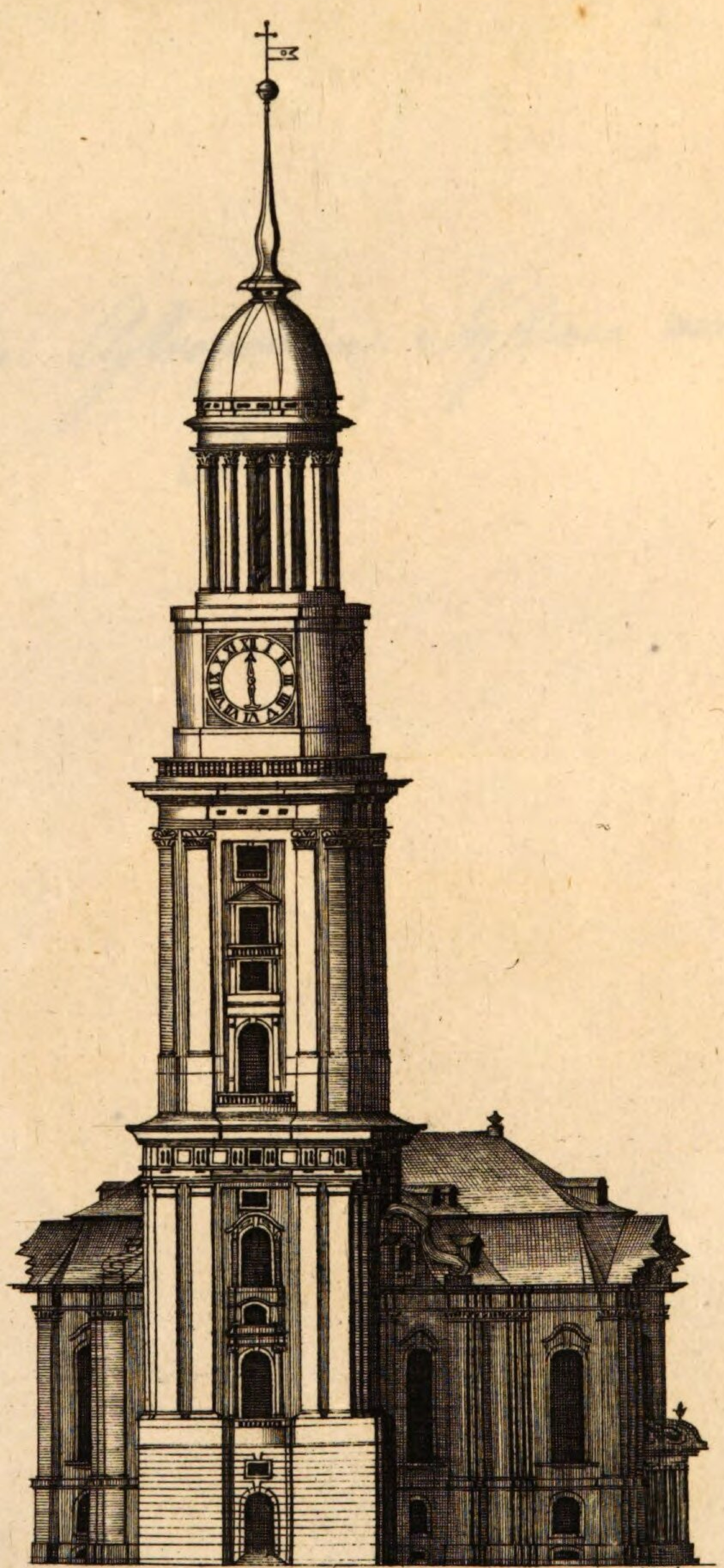
Astr. P. 12. Benzenberg

ΦR. 2322.bb.

Mathesis. Astronomia. Systema mundi

862.

R

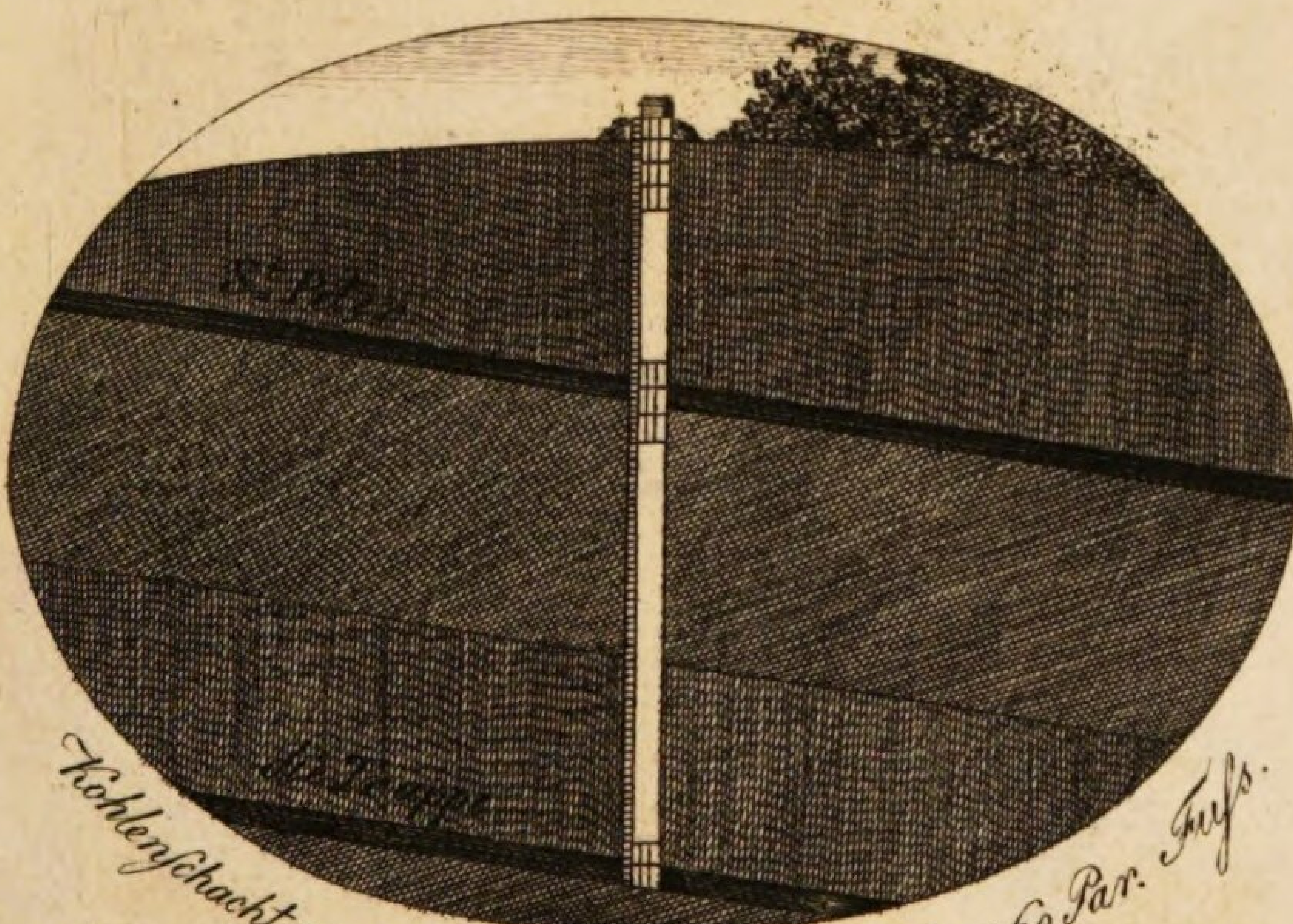


G.R. sc.

St. Michael in Hamburg

Dr. Benzenbergs Versuche über die Umdrehung der Erde.

R



Kohlenschacht zur alten Roſskunst. Fallhöhe 260 Par. Fuſs.

DORTMUND

bey Mallinkrodt 1804.

Gottl. Rautenbach sc.

Versuche

über

das Gesetz des Falls, über den Widerstand der Luft

und über die

Umdrehung der Erde,

nebst

der Geschichte aller früheren Versuche von Galiläi bis auf Guglielmini.

R

Von Joh. Friedr. Benzenberg.

Mit 8 Kupfertafeln und einer Vignette.

Dortmund 1804
bey den Gebrüdern Mallinckrodt.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Nachricht an den Buchbinder.

Die Kupferplatten werden zu der Seitenzahl ins Buch geklebt, die drauf gestochen ist. Nur wird Taf. VIII nicht zu Seite 409, sondern zu Seite 407 gebunden. Taf. VI und VII werden ans Ende gebunden, und der Michaelisthurm vorn als Titelkupfer.

Der halbe Bogen, der 432 a 432 b u. s. w. paginirt ist, kommt zwischen D d und E e.

Die beyden Cartons, die am Titelbogen sind, gehören in die Bogen R und Z, wo die andern Blätter ausgeschnitten werden.

July.	Meſſidor.	Auguſt.	Thermidor.	September.	*Fru*
1. Mont.	13. Tridi.	1. Donn.	14. Quartidi.	1. Sont.	15. Q
2. Dienſt.	14. Quartidi.	2. Freyt.	15. Quintidi.	2. Mont.	16. S
3. Mittw.	15. Quintidi.	3. Samſt.	16. Sextidi.	3. Dienſt.	17. S
4. Donn.	16. Sextidi.	4. Sont.	17. Septidi.	4. Mittw.	18. O
5. Freyt.	17. Septidi.	5. Mont.	18. Octidi.	5. Donn.	19. N
6. Samſt.	18. Octidi.	6. Dienſt.	19. Nonidi.	6. Freyt.	20. *D*
7. Sont.	19. Nonidi.	7. Mittw.	20. *Decadi.*	7. Samſt.	21. P
8. Mont.	20. *Decadi.*	8. Donn.	21. Primedi.	8. Sont.	22. D
9. Dienſt.	21. Primedi.	9. Freyt.	22. Duodi.	9. Mont.	23. T
10. Mittw.	22. Duodi.	10. Samſt.	23. Tridi.	10. Dienſt.	24. Q
11. Donn.	23. Tridi.	11. Sont.	24. Quartidi.	11. Mittw.	25. Q
12. Freyt.	24. Quartidi.	12. Mont.	25. Quintidi.	12. Donn.	26. S
13. Samſt.	25. Quintidi.	13. Dienſt.	26. Sextidi.	13. Freyt.	27. S
14. Sont.	26. Sextidi.	14. Mittw.	27. Septidi.	14. Samſt.	28. O
15. Mont.	27. Septidi.	15. Donn.	28. Octidi.	15. Sont.	29. N
16. Dienſt.	28. Octidi.	16. Freyt.	29. Nonidi.	16. Mont.	30. *D*
17. Mittw.	29. Nonidi.	17. Samſt.	30. *Decadi.*		*Jour*
18. Donn.	30. *Decadi.*			17. Dienſt.	1. *A l*
				18. Mittw.	2. *Äu*
	Thermidor		*Fructidor.*	19. Donn.	3. *Au*
				20. Freyt.	4. *A l'*
		18. Sont.	1. Primedi.	21. Samſt.	5. *Aux*
19. Freyt.	1. Primedi.	19. Mont.	2. Duodi.	22. Sont.	6. *Jou*
20. Samſt.	2. Duodi.	20. Dienſt.	3. Tridi.		*L'an* 8
21. Sont.	3. Tridi.	21. Mittw.	4. Quartidi.		
22. Mont.	4. Quartidi.	22. Donn.	5. Quintidi.		*Vend*
23. Dienſt.	5. Quintidi.	23. Freyt.	6. Sextidi.		
24. Mittw.	6. Sextidi.	24. Samſt.	7. Septidi.	23. Mont.	1. Pr
25. Donn.	7. Septidi.	25. Sont.	8. Octidi.	24. Dienſt.	2. D
26. Freyt.	8. Octidi.	26. Mont.	9. Nonidi.	25. Mittw.	3. T
27. Samſt.	9. Nonidi.	27. Dienſt.	10. *Decadi.*	26. Donn.	4. Q
28. Sont.	10. *Decadi.*	28. Mittw.	11. Primedi.	27. Freyt.	5. Q
29. Mont.	11. Primedi.	29. Donn.	12. Duodi.	28. Samſt.	6. Se
30. Dienſt.	12. Duodi.	30. Freyt.	13. Tridi.	29. Michael.	7. Se
31. Mittw.	13. Tridi.	31. Samſt.	14. Quartidi.	30. Mont.	8. O

Dortmund, bei

An

Herrn

Professor Reimarus

und

Herrn

Professor Ebeling

in

Hamburg.

Ihnen, meinen väterlichen Freunden, widme ich diese Blätter.

Sehen Sie dieses als einen Beweis der Dankbarkeit für das gütige Wohlwollen an, welches Sie dem Verfasser bey diesen Versuchen schenkten.

Die Verſuche über die Umdrehung der Erde waren zur Oſtermeſſe ſchon angekündigt. Allein die ſtarken Grubenwaſſer vom vorigen Frühjahr machten es mir damals unmöglich, die zweyte Reihe Verſuche in dem Kohlenbergwerke zu Schlebuſch anzuſtellen. Ich konnte dieſes erſt im Herbſt, nach meiner Zurückkunft von Paris; und dieſes iſt die Urſache, warum die Verſuche ſechs Monate ſpäter erſcheinen.

Bey den Verſuchen im Michaelisthurm fand noch eine kleine Verſchiedenheit zwiſchen der Theorie und der Erfahrung in Hinſicht der Abweichung nach Süden Statt. Es war deſswegen nothwendig, daſs dieſelben Verſuche noch einmal und unter ganz verſchiedenen Umſtänden wiederholt wurden.

Dieſes geſchah, indem ich die Verſuche, die man bis jetzt nur über der Erde angeſtellt hatte, unter der Erde in einem Bergwerke wie-

derholte. Durch diese neue Reihe von Versuchen ist es nun entschieden, dass die Kugeln bloss nach Osten von der Lothlinie abweichen, und nicht nach Süden.

Es ist unstreitig der überzeugendste Beweis von der Achsendrehung der Erde, dass genau gedrehte Kugeln, die in grossen Höhen mit aller Sorgfalt losgelassen werden, nicht senkrecht fallen, sondern östlich vom Lothe abweichen. Man sieht hiebey einen unmittelbaren Beweis von der Bewegung der Erde, der so überzeugend ist, dass jedermann ihn begreift, und den selbst Ptolomäus, Tycho *und* Riccioli *nicht würden haben läugnen können.*

Der Wunsch, diese Versuche zweymal an verschiedenen Orten und unter ganz verschiedenen Umgebungen anzustellen, wird es entschuldigen, dass dieses Buch später erscheinet, als ich es versprochen hatte.

Düsseldorf im Nov. 1804.

Inhalt.

Einleitung. Beſchreibung des Thurms von St. Michael. Seite 1 — 30.

Baumeiſter *Sonin.* Merkwürdige Züge aus ſeinem Leben. Veranlaſſung und Geſchichte der Verſuche in St. Michael. Anzeigen der bey dieſen Verſuchen gebrauchten Maſse. Extrablatt über Nationalmaſse des Menſchengeſchlechts.

Erſter Abſchnitt. S. 31 — 72.

Höhe des Thurms von St. Michael. Vergleichung derſelben mit derjenigen der höchſten Thürme von Europa. Beſtimmung der Höhe der verſchiedenen Stadien — mit der Schnur, mit Silberdrath, mit Pendelſchwingungen, mit dem Barometer. Vergleichung der verſchiedenen Formeln von *Meyer*, *de Luc* und *Kramp*. Gang der Göttinger Tertienuhr. Beſtimmung des beſtändigen Fehlers der Uhr, und des beſtändigen Fehlers der Sinne. Miſslungene Verſuche über die Anziehung der Sonne und des Mondes auf langen Lothen im Jahr 1801. Geſchichte der früheren Verſuche hierüber von *Grante*, *Bouguer* und *Meyer*.

Zweyter Abſchnitt. Ueber die Beſchleunigung fallender Körper. S. 73 — 98.

Irrige Meinung des Ariſtoteles. Erſte Verſuche von *Galiläi* in der Cathedralkirche zu Piſa. *Galiläi* findet das Geſetz der Beſchleunigung. Verſuche hierüber von *Riccioli* in Bologna im Jahr 1640. Bemerkung zu *Ricciolis* Verſuchen. Verſuche von *Dechales* in Lyon. Verſuche in Hamburg im Jahr 1802. Fallmaſchine von *Atwot.*

Dritter Abſchnitt. Geſchichte der Verſuche und der Theorieen über den Widerſtand der Luft. S. 99 — 158.

Galiläis erſte Idee ihn zu beſtimmen. Verſuche hierüber von der Akademie *del Cimento* in Florenz. Verſuche von *Claramontius.* Verſuche von *Riccioli.* Verſuche von *Dechales.* Verſuche von *Mariotte* und *La Hire* auf der Pariſer Sternwarte bey 166 Fuſs Fallhöhe. *Neutons* Geſetz des Widerſtandes. — Verſuche hierüber von *Hawksbee* in St. Paul bey 206 Pariſer Fuſs Fallhöhe im Jahr 1710. Verſuche von *Deſaguliers* bey 255 Pariſer Fuſs Fallhöhe im Jahr 1719. Verſuche von *Bernoulli* und *Günther* mit geſchoſſenen Kanonenkugeln in Petersburg im Jahr 1728. Verſuche von *Robins* mit geſchoſſenen Flintenkugeln im Jahr 1740. *Eulers* Formel des Widerſtandes. Verſuche von *D'Arcy* mit geſchoſſenen Flintenkugeln im Jahr 1752. *Lamberts* Bemerkungen hierüber. Verſuche von *Borda.* Verſuche vou *Hutton* mit geſchoſſenen Kanonenkugeln in den Jahren 1775 bis 1785. Aeroſtaten.

Vierter Abſchnitt. Verſuche über das Geſetz des Widerſtandes der Luft im Michaelisthurm in Hamburg im Jahr 1802. S. 159 — 230.

Erſtes Stadium von 25 Fuſs Fallhöhe.
Zweytes Stadium von 67 — —
Drittes Stadium von 144 — —
Viertes Stadium von 240 — —

Fünftes Stadium von 321 Fuſs Fallhöhe.

Sechſtes Stadium von 340 — —

Folgerungen aus dieſen Verſuchen. Verſuche über den Widerſtand der Luft auf fallendes Waſſer. Auszüge aus mehreren Briefen vom Deichinſpektor *Brandes* in Ekwarden, über den Widerſtand der Luft und über die Verſuche und Rechnungen von *Robins*, *Bernoulli*, *Euler*, *d'Arcy* und *Lambert*.

Fünfter Abſchnitt. Geſchichte der Verſuche über die Umdrehung der Erde. S. 231 — 300.

Copernikus. Schickſale ſeines Syſtems. *Galiläi* vor der Inquiſition. Seine Abſchwörungsurkunde. *Tycho*. *Riccioli*. *Merſennes* Verſuche mit geſchoſſenen Kugeln. *Descartes* Meinungen. *Neutons* Vorſchlag, die Umdrehung der Erde durch Verſuche zu entſcheiden, im Jahr 1669. Verhandlungen hierüber bey der Akademie. Dr. *Hoocks* Verſuche bey 27 Fuſs Fallhöhe. Beſchluſs der Akademie, dieſe Verſuche in Gegenwart einer Commiſſion zu wiederholen. 16 Verſuche hierüber von *Guglielmini* in Bologna bey 241 Fuſs Fallhöhe im Jahr 1791. Urſache ihres Miſslingens. Drey Verſuche von *Guglielmini* im Jahr 1801. Nachrichten hierüber aus einem Briefe von Bologna den 20ſten Sept. 1802. *Flangergues* Vorſatz, dieſe Verſuche im Jahr 1795 anzuſtellen. Zwey Verſuche in Strasburg mit ſteilrechr geſchoſſenen Kugeln im Jahr 1770.

Sechſter Abſchnitt. Verſuche über die Achſendrehung der Erde, angeſtellt im Jahr 1802 im Michaelisthurm in Hamburg. S. 301 — 360.

Vorläufige Verſuche im Herbſt von 1801. Verſuche vom 9ten und 12ten July 1802. Verſuche vom 23ſten July mit der *Guglielmini*ſchen Maſchine bey 235 Fuſs Fallhöhe. Verſuche vom 14ten und 16ten Auguſt. Drey Verſuche vom 17ten Sept. von 340 Fuſs Fallhöhe. Urſache ihres Miſslingens. Ueber den beſtändigen Luftzug in der hohlen Säule. Drey Verſuche von 235 Fuſs Fallhöhe. Ueber die Urſache der gröſsern Fehlergrän-

ge gegen Bologna. Ueber die Sicherheit des Mittels aus mehreren Beobachtungen bey bekannter Fehlergränze. Versuche vom 14ten und 15ten Okt. bey 235 Fuss Fallhöhe. Versuche vom 23sten Okt. Versuche vom 26sten Okt. Mittel aus 31 Versuchen. Vergleichung des Mittels mit der Theorie.

Siebenter Abschnitt. Theoretische Bestimmungen. S. 361 — 402.

Fundamentalgleichungen für die Bewegung schwerer Körper auf der rotirenden Erde von Dr. *Gauss* in Braunschweig. — Schreiben von Dr. *Olbers* in Bremen über die Abweichung fallender Körper von der Lothlinie wegen der Rotation der Erde. Auszug aus einem Briefe von Prof. *Guglielmini* über denselben Gegenstand. Bologna den 23sten März 1803. *Mémoire sur le mouvement d'un corps qui tombe d'une grande hauteur, par le C. La Place.* Aus dem *Bulletin des sciences. Prairial an 11 de la République.*

Achter Abschnitt. Versuche über die Umdrehung der Erde in dem Kohlenschachte zur alten Rosskunst am Schlebusche in der Graffschaft Mark bey einer Fallhöhe von 262 pariser Fuss und einer Polhöhe von 51 Grad 25 Min. S. 403 — 432.

Erste Versuche im December von 1803. Drey Versuche den 6ten Okt. 1804. Eilf Versuche den 8ten Okt. Neun Versuche den 9ten Okt. Sechs Versuche den 10ten Okt. Vergleichung der Versuche mit der Rechnung. Bemerkungen über Rotationsversuche in Bergwerken. Nachrichten über die tiefsten Gruben in Europa. Günstiges Local zu diesen Versuchen in der Kuppel des Pantheons in Paris.

Neunter Abschnitt. Kannten schon die Alten die Copernikanische Weltordnung? S. 433 — 510.

Nicetes von Syracus. *Heraclit* von Pontus und *Ekphantes*,

der Pythagoräer. *Philolaus.* *Ariſtoteles.* *Ariſtarch* von Samos. *Archimedes.* *Hipparch.* *Seleucus.* *Timäus.* *Seneca.* *Martianus Capella.* *Observations par Mr. Freret.* *Nicolaus* von Cuſa. *Bailly.* *Nicolaus Copernicus de Revolutionibus.* Leben des *Copernikus* nach *Lichtenberg.*

Zehnter Abſchnitt. Nachträge. S. 511 — 542.

Meter. Widerſtand der Luft. *Huttons* Verſuche. Bemerkungen darüber. Umdrehung der Erde. Ueber die Verſuche mit geſchoſſenen Kugeln. Nachtrag zu Dr. *Hooks* Verſuchen.

Erklärung
der Kupfertafeln.

Die Titelvignette ſtellt den Durchſchnitt des Kohlenbergwerkes zu Schlebuſch vor, in deſſen Schachte die Verſuche über die Umdrehung der Erde bey einer Fallhöhe von 262 pariſer Fuſs angeſtellt wurden.

Das Titelkupfer ſtellt den Michaelisthurm in Hamburg von der Weſtſeite dar. Seine Höhe iſt 402 pariſer Fuſs.

Auf der zweyten Tafel iſt die Zeichnung vom Durchſchnitt des Thurms, und in ihr die Höhen der verſchiedenen Stadien bezeichnet. Sie gehört zu Seite 8.

Auf der dritten Tafel iſt der Thurm Aſinelli in Bologna abgebildet, wo *Riccioli* und *Guglielmini* ihre Verſuche anſtellten. Seine Höhe iſt 330 par. Fuſs. Zu Seite 84.

Auf Tab. IV iſt das Pendel von *d'Arcy*, deſſen er ſich bediente, um die Geſchwindigkeit ſeiner geſchoſſenen Kugeln zu beſtimmen. Zu Seite 132.

Tab. V ſind die Zangen abgebildet, welche in Bologna und Hamburg zum Loslaſſen der Kugeln gebraucht wurden. Sie gehört zu Seite 280.

Taf. VI und VII enthalten kleinere Figuren, und werden am Ende beygebunden.

Taf. VIII ſtellt die Zange mit den Mikroſcopen vor, welche bey den Verſuchen zu Schlebuſch zum Loslaſſen der Kugeln gebraucht wurden. Sie gehört zu Seite 407.

Einleitung.

Beſchreibung des Thurms. — *Sonin* ſein Erbauer, merkwürdige Züge aus ſeinem Leben. — Veranlaſsung und Geſchichte der Verſuche in St. Michael.— Anzeige der bey dieſen Verſuchen gebrauchten Maaſse — Extrablatt über National-Maaſse des Menſchengeſchlechts. —

Der große Michaelis-Thurm in Hamburg gehört zu den berühmtesten Thürmen von Europa. Er ist das für Hamburg, was das Stadthaus für Amsterdam, was St. Paul für London, und St. Peter für Rom ist. Der Fremde besteigt ihn, um die Stadt, den Hafen, die Elbe und die umliegende Gegend zu sehen, und eine Wahlfahrt nach dem Michaelis-Thurm gehört, in der schönen Jahrszeit, eben so gut mit zu den Lustpartieen von Hamburg, wie eine Fahrt nach der Admiralitäts-Jagd, oder nach Wandsbeck. —

Die Thürme von Hamburg sind alle hoch, keiner ist unter 300 Pariser Fuss, und dieses giebt der Stadt, selbst in der Entfernung, ein grosses, städtisches Ansehen. — Unter diesen hohen Thürmen zeichnet sich der Michaelis-Thurm durch seine Höhe, durch seine eigene Bauart, und durch seine äusserst bequemen Treppen aus; und hierin liegt der Grund, warum gerade er unter allen Thürmen so ausschliessend besucht wird. —

Vom Fuſsboden der Kirche ſteigt man 120 Pariſer Fuſs bis zum Klockenboden, wo das Mauerwerk ndet und die Zimmerung anfängt. Von hier ſteigt nan noch 85 Fuſs bis zur erſten Gallerie, auf der nan ſchon die Thürme des 6 Meilen entfernten Lüaeburgs mit bloſsen Augen ſieht; und von da noch 46 Fuſs bis zur Plattforme unter der Kuppel.

Die Kuppel wird von 8 ſehr ſchönen corinthiſchen Säulen getragen, deren Höhe 36 Fuſs iſt. In der Mitte der Kuppel ſteht eine hohle Säule, um die eine leichte Wendeltreppe herauflãuft, welche zum Kabinet der Königsſtange führt, welches noch 82 Fuſs höher liegt. —

Man überſieht hier aus den runden Fenſtern des Kabinets von einer Höhe von 333 Fuſs Hamburg, Altona und die ganze Gegend.

Dieſe Ausſicht gehört in der ſchönen Jahrszeit mit zu den ſchönſten von Deutſchland. An der einen Seite iſt der Hafen, mit ſeinem Walde von Maſten und Seegelſtangen — mit ſeinem Gewühl der ankommenden und abgehenden Schiffe, und dem Gewimmel der Göllen, Ever und Lichters, welche ihn nach allen Richtungen durchſchneiden, um von den ſtillliegenden Dreymaſtern, die Waaren der Erde zu holen oder ſie ihnen für ferne Länder zuzuführen — da Hamburg der Stapel des Nordens iſt. — Mit dem Hafen überſieht man zugleich die Elbe, die ſich hier zwiſchen Inſeln durchwindet, und

als Strom von der Breite einer Meile aus ihnen hervortritt. — Gegenüber liegt Haarburg. —

Nach der Landſeite hin liegen die beyden Alſter-Seen, und eine Menge Garten- und Landhäuſer. Auf dieſen lebt die Familie des reichen Hamburgers, vom Frühjahr bis in den Herbſt, indeſs er ſelbst nur den Theil der Woche, in dem keine groſse Poſttage ſind, auf ihnen zubringt. — Die Menge dieſer Villen, ihre gute Unterhaltung, und der fleiſsige Anbau der kleinen Parks, die ſie umgeben, giebt der Landſchaft das Gepräge der Wohlhabenheit, und des Reichthums. —

Jenſeits des äuſseren Alſter-Sees liegt Wandsbeck, mit dem gräflich Schimmelmann'ſchen Schloſse, auf deſſen Thurme Tycho vor 200 Jahren beobachtete.

Zu den Füſsen liegt Hamburg mit ſeinen 120,000 Menſchen, und ihrem immer regen Drängen und Treiben. — Wagen mit Pferden beſpannt, und wieder andere mit Menſchen, — Kutſchen und Schiebkarren, — Elegants und ein Leichenzug im altſpaniſchen Coſtüme, — Marionetten und tanzende Hunde, — Obſtbauren aus den Vierlanden in altväteriſcher Kleidertracht, mit weiten Hoſen und rothen Strümpfen Fiſchweiber mit Tragehölzern und groſsen Fiſchkörben — ſchmutzige Juden mit alten Kleidern auf dem Arm, — niedliche Dienſtmädchen mit kleinen Körbchen an der Hand. — Drehorgeln und Aduffen, Matroſen und Litzenbrüder — — — — alles im bunten Gewirre.

Die Alster-Bassins, die schönen Wälle und die kleinen Gärtchen zwischen den Häusern der Neustadt, machen den Vorgrund des Gemäldes äusserst freundlich. Altona liegt wie ein grosses Dorf dicht vor dem Thor; eine hohe Allée führt dahin, durch welche vor einigen Jahren ein Orkan ging und 10 grosse Bäume niederwarf. In diesem Orkan soll auch der Thurm ungefähr einen Zoll von seinem senkrechten Stande abgewichen seyn. Hätte der Thurm gerade in dem Strome gelegen, den die Allée traf, so hätte auch er vielleicht eben so der Uebermacht des Windes weichen müssen, wie der Thurm in Dülken, der den 21. Febr. 1799 fiel.

Der Fremde, der sich in Hamburg orientiren will, kann dieses nirgends besser, wie auf dem Michaelisthurm. — Man kann lange in einer grossen Stadt seyn, ohne sie zu sehen. Man sieht nur Strassen und Häuser, und die verworrene Vorstellung, die dieses giebt, wird erst bey der Uebersicht des Ganzen geordnet. Eben so erhält er von der grossen Bevölkerung der Altstadt nirgends einen lebhafteren Begriff, als wenn er von hier zwischen die steilen Giebel und Dächer hineinsieht. — Man sieht da Höfe von einzelnen Häusern, die ganz mit kleinen Wohnungen bebaut sind und deren Volksmenge auf 700 Seelen geht. —

Noch merkwürdiger, als in Hinsicht seiner Lage, ist der Thurm in Hinsicht seiner Bauart. Es ist kein Thurm in Europa, der so ganz zu astronomischen

und phyſikaliſchen Verſuchen gemacht iſt, wie dieſer. — Die ganze Axe des Thurms — vom Fuſsboden bis zur Königsſtange — iſt frey, und die Körper haben einen ununterbrochenen Fall von 340 Fuſs. Dieſe Fallhöhe iſt 85 Fuſs höher wie die in St. Paul, und 99 Fuſs höher, wie die auf dem Thurm Aſinelli in *Bologna.*

Die Geſchichte dieſes Thurms iſt folgende. Im Jahr 1751 ſchlug der Blitz in die groſse Michaelis-Kirche. Beyde, die Kirche und der Thurm brannten nieder, doch blieb von letzterem das Mauerwerk gröſstentheils gut. Auf die Stelle der alten Kirche baute *Sonin* die neue, welche mit dem Thurm 1 Million und 600,000 Mark koſtete. Doch wurde die Thurmſpitze erſt im Jahr 1780 fertig. Dieſe koſtet die mäſsige Summe von 258,000 Mark.

Um die Materialien zum Bau leichter in die Höhe ſchaffen zu können, hielt er die Axe des Thurms von aller Zimmerung frey, und als er fertig war, ſchloſs er ſie nur mit Fallthüren ab, die leicht geöffnet werden können. Sollte noch einmahl im Thurm Feuer auskommen, ſo erleichtern ſie zugleich das Heraufziehen des Waſſers, wenn für die oberen Sprützen das Regenwaſser in den groſsen Waſserbehältern, die hier und da im Thurm angebracht ſind, nicht mehr ausreichen ſollte. —

Dieſe Fallthüren liegen doppelt. Sie öffnen ſich nach allen vier Seiten, und machen zugleich,

wenn ſie geöffnet und in einander gehaakt ſind, die Befriedigung um die offene Luke. — Den Durchſchnitt des Thurms ſieht man auf der zweyten Kupfertafel. —

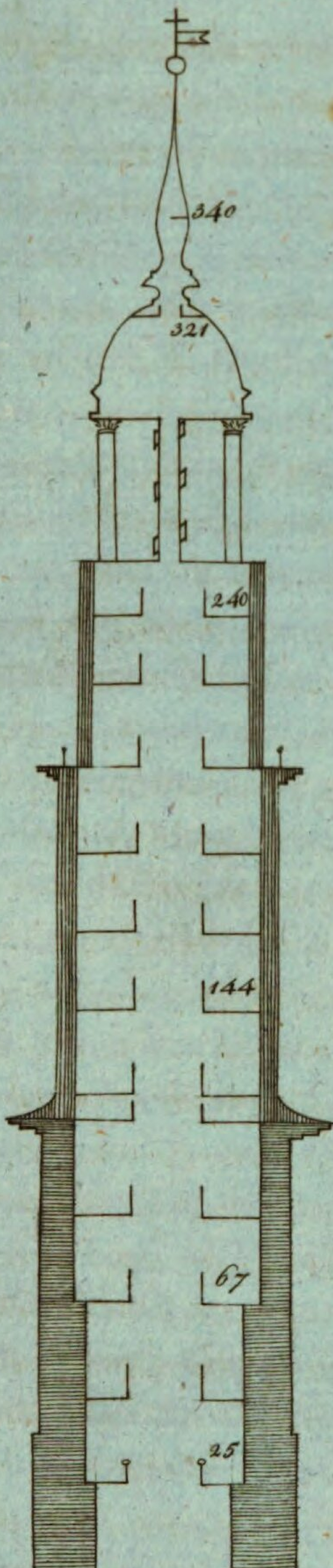
Der Thurm iſt ein bleibendes Denkmal von dem kühnen Geiſte *Sonins*. Vielleicht hätte es auſser ihm keiner gewagt auf eine Plattforme, die 250 Fuſs von der Erde entfernt iſt, noch eine Kuppel zu ſtellen, die von 8 Säulen getragen wird, deren Höhe 36 Fuſs iſt. Dieſe Säulen-Rotunde iſt ſehr ſchön, und vorzüglich dann, wenn niemand ſie beſucht; dieſes iſt, wenn ſie in Wolken gehüllt iſt. Man ſieht dann nichts von der Stadt und ihren Straſsen, das Getöſe davon ſchallt nur dumpf hinauf, — man ſieht dann ſelbſt nicht einmahl die Kirche. — Die Kuppel ſchwebt im weiſsen Nebel wie ein einſames Feenſchloſs, das völlig abgeſondert von der Welt, auf nichts zu ruhen ſcheint wie auf ſich ſelber. —

Ich habe die Kuppel zweymal in Wolken beſucht. Das zweytemal waren die Säulen weiſs bereiſt. Schöner wie an dieſem Tage habe ich ſie nie geſehen. Nur mit Mühe konnte ich mich von ihnen trennen, da es wahrſcheinlich war, daſs ich an dieſem Tage vielleicht zum letztenmahl, für eine lange Reihe von Jahren, oder für immer unter dieſen Säulen ſtand. —

Von den Stürmen, die hier unter der Kuppel wüthen, hat man auf ebener Erde gar keine Vorſtellung.

zu Seite 8

Taf. II



Durchschnit von St Michael

Sonin ſcheint dieſe Stürme gefürchtet zu haben, wenigſtens hat er alles aufgeboten, um ihnen entgegen zu arbeiten. Da er bey den Säulen keine Strebebalken anbringen konnte, ſo ſetzte er ſie aus fünf Balken zuſammen, von denen nur der mittelſte gerade, die vier übrigen aber paraboliſch gekrümmt waren. (*Fig. I. Tab. III.*). Darauf ließs er ſie mit Ketten gerade winden, und unten und oben groſse Schrauben durchziehen. Alle Holzfaſern der vier äuſsern Balken kamen hiedurch gegen den mittlern in die ſtärkſte Spannung, und es war nun nicht möglich, daſs dieſer auf die Seite wiche. Die Länge dieſer Balken beträgt einige 60 Fuſs.

Bey der übrigen Zimmerung im Thurm hat *Sonin* nur wenig Holz gebraucht. Da aber jedes Stück an ſeiner Stelle iſt, und da er ſo viel möglich vermied, das Holz durch Zapfenlöcher zu ſchwächen, ſo hat der Thurm doch eine ſehr groſse Feſtigkeit, und er iſt eine Auflöſung des Problems: mit dem wenigſten Holze die gröſte Stärke zu erlangen. Statt der Zapfenlöcher zog *Sonin* vor, die Balken mit Einſchnitten über einander greifen zu laſsen, und dann eiſerne Bolzen durchzuziehen. — Die Gewölbe im Mauerwerk ſind nach der Ketten-Linie berechnet, — und oben, wo man vom Kirchenboden in den Thurm geht, hat er zwey Ketten-Linien ſo aufeinandergeſetzt, daſs ſie ſich wechſelſeitig tragen. — Die Mauern des Thurms ſind unten 18 Pariſer Fuſs ſtark.

Der ganze Thurm iſt vom Mauerwerk bis zur Spitze mit Kupfer bedeckt. Eben ſo iſt das Dach

der Kirche von Kupfer. — Vom Thurm geht ein Kupferſtreifen auf's Kirchendach, und von dieſem gehen 8 groſse Regenröhren bis auf die Erde. — Bey dieſer ſtarken Metalleitung iſt es wohl nicht mehr zu befürchten, daſs der Thurm das Schickſal des vorigen haben wird. Doch muſs, ſo oft ein Gewitter, iſt, der Zimmergeſelle *Karstendick* in die Spitze ſteigen, um gleich bey der Hand zu ſeyn, wenn etwas vorfiele. — Auf dem Kirchenboden ſteht eine Brandſprütze, und Brandeimer und Waſſer-Vorräthe ſind durch den ganzen Thurm vertheilt. Das Waſſer iſt in groſsen kupfernen Behältern, in die ſich die Regenröhren ergieſsen, und ſie beſtändig gefüllt halten. Der Ueberfluſs läuft durch andere Röhren wieder ab.

Karstendick erzählte mir, daſs der Blitz ſchon ein paar Mahl auf die Spitze geſchlagen hätte, während er oben war. — Spuren hätte er nicht hinterlaſsen, aber die Spitze hätte gezittert, und wär' ganz in Dampf gehüllt geweſen. — *Karstendick* bekömmt für dieſes Zuſehen jedesmahl 2 Mark. Dieſes iſt für das Heraufſteigen bey einem nächtlichen Gewitterſturm eben nicht zu viel. —

Wegen der groſsen Metallfläche wird der ſtärkſte Gewitterſchlag dem Thurm nur wenig anhaben können. — Mehr iſt er in Gefahr, wenn die hieſigen Stürme zu Orkanen werden. —

Brechen kann dann die Spitze auch nicht, weil, — der Sturm mag von einer Seite kommen von welcher er will, — immer Strebebalken da ſind, auf

die feine Richtung faft fenkrecht ift. Aber die Spitze könnte vom Mauerwerk abgefchlagen werden, da fie faft durch nichts auf diefem gehalten wird, wie durch ihre eigene Schwere. — Durch blofses Schieben, ohne dafs der Schwerpunct der Spitze gehoben würde, ift es wegen des ungeheuren Widerftands der Reibung felbft für den ftärkften Orkan nicht möglich. Um aber zu verhüten, dafs ein Sturm den Schwerpunkt der Spitze nicht heben könne, fo hat ihn *Sonin* so tief wie möglich hinunter gelegt. So hängen z. B. bey allen Thürmen die Glocken im Mauerwerk. — *Sonin* hingegen hat fie unten in die Zimmerung der Spitze gehangen. Der Glocken find 4, wovon die gröfste 12,000 Pfund wiegt. Da der Schwerpunkt nun mehrere Fufs vom Winde mufs gehoben werden, ehe er über den Drehungspunkt hinüber ift und ans Fallen kommt; da ferner der Wind diefes Heben nicht in einem Augenblick vollenden kann, und da endlich die ftärkften Stöfse in Orkanen nur ein paar Augenblicke in ihrer ganzen Stärke anhalten: fo ift auch von diefer Seite die Gefahr für den Thurm nicht grofs. *)

*) Wie mit der Tiefe des Schwerpunkts die Sicherheit des Thurms zunimmt, das fieht man *Fig.* 4. *Tab. VI.* Wenn der Wind in der Richtung des gezeichneten Pfeils kommt, fo mufs, wenn die Spitze herunter foll, die Seite *B* fich heben, und um den Punkt *A* drehen. Liegt der Schwerpunkt in *S* fo mufs er, um über *A* fenkrecht zu kommen, um die Höhe *C D* gehoben werden. Liegt er aber in *s* fo braucht ihn der Wind nur um die kleine Höhe *c d* zu heben. —

Als der Thurm fertig war, und *Sonin* auf dem Rathhause Rechenschaft ablegte, so sagte er: „Die Kraft des Windes in Orkanen kenne man nicht, aber für einen Sturm stehe er ein.» —

Der Thurm wird jährlich im Beysein der Kirchenjuraten ausgelöthet, um sicher zu seyn, daſs sich seine senkrechte Lage nicht geändert habe. Oben an der Königsstange ist ein Eisen mit einer Scharte, in die das Loth kommt, und auf dem Klokenboden ist auf einem Balken ein Punkt bemerkt, der unter dem Aufhängepunkt senkrecht ist. Die Länge des Loths beträgt 200 Fuſs. Ich habe gefunden, daſs der obere Punkt nicht genau senkrecht über dem unteren ist. Der Unterschied beträgt 4 Zoll, um die der Aufhängepunkt nach *Nordost* abweicht. Diese Abweichung von der senkrechten beträgt ungefähr 7 Minuten im Bogen. *Sonin* hat die Einrichtung getroffen, daſs die Kuppel mit Strebebalken und Keilen wieder übergehohlt werden kann, wenn sie durch irgend einen Zufall schief werden sollte. Man hat bis jezt diese Abweichung von 4 Zoll vielleicht für zu unbedeutend gehalten, um deswegen die Kuppel wieder gerade zu keilen. Aber so ganz unbedeutend ist sie doch nicht, da sie nicht gegen die Windseite ist, und da sie noch durch 10 Zoll vermehrt wird, um die der Aufhängepunkt des Loths vom Mittel der Königsstange abweicht. Die älteren Baumeister bauten freilich ihre Thürme aus Grundsätzen um mehrere Fuſs schief, aber dieses thaten sie immer gegen die Wetterseite, wo also der Wind eine gröſsere Kraft anwenden muste,

einen schiefen Thurm umzuwerfen, wie einen geraden. *)

Man hat gesagt, daſs der Thurm ein schwerfälliges Ansehen hätte. Ich habe dieses nicht finden können, aber wohl den Grund zu diesem Urtheil. Der Thurm ist nehmlich bis zur Kuppel, das heiſst, bis auf eine Höhe von 250 Fuſs vierekig, von hieher bis zur Spitze — also 150 Fuſs — ist er rund. Der Thurm hat 3 Absätze. Davon ist der erste das Mauerwerk, der zweite der vierekige Theil der Spitze, und der dritte der Theil, der mit der Kuppel anfängt. Steht man nun so, daſs man auf die Kante sieht, so sieht man auf die Diagonale der Breite. Diese ist im vierekigen Theil des Thurms natürlich verhältniſsmäſsig viel gröſser wie im runden, und daher erscheint der obere Theil des Thurms unverhältniſsmäſsig dünner wie der untere. — Hiezu kommt noch, daſs *Sonin* den Gesimsen, so wohl am Ende des Mauerwerks, als auch denen unter der Gallerie sehr starke Ausladungen gegeben hat. Er hielt starke Ausladungen zur Festigkeit eines groſsen Gebäudes nothwendig, und wenn bei ihm

*) Daſs in Hamburg alle Thürme nach Westen überhängen, ist nicht gut aus einer andern Ursache zu erklären, als aus dem Plan des Baumeisters. — Die groſsen Bäume in Alleen, und vorzüglich die in dem ehemaligen Voigtschen Garten in Hamm, hängen alle nach Osten hin, — also gerade nach der Richtung der hiesigen Stürme. Der Thurm in Buxtehude steht auch schief, aber eben so, wie die Hamburger, gegen die Wetterseite. —

Festigkeit und Schönheit in Collision kamen, so gab er immer ersterer den Vorzug. *)

Steht man aber so, dafs man den Thurm von der Seite sieht, wie z. B. von *Altona* her, so sieht man, dafs alle Theile des Thurms im richtigen Verhältnifse stehen. Der Thurm hat von dieser Seite ein leichtes, schlankes Ansehen. Die Ursache davon liegt sehr nahe. Der Durchschnitt des vierekigen Theils ist nun nicht mehr zu grofs gegen den Durchschnitt des runden. — Dafs *Sonin* für diesen Durchschnitt, und nicht für die Diagonale, die Verhältnifse des Thurms zeichnete, ist natürlich. — Hätte er sie für die Diagonale zeichnen wollen, so hätte er die Sokel von vier Säulen der Kuppel in freyer Luft müfsen schweben lafsen.

Sonin hat den Thurm allein gebaut, aber nicht die Kirche. Die Rechte der Zünfte machten es nothwendig, dafs er einen Zimmermeister Namens *Poppe* an der Seite hatte. Beym Bau der Kirche hatte er keine freye Hand und war sehr vielen *Chicanen* ausgesetzt. — Die baroken Gipsverzierungen sind nicht von ihm, sondern von seinem Freunde *Müller*, dem er dieses alles überlies. Auch mufs man bey der Beurtheilung der Kirche nicht vergefsen, dafs es beinah ein halbes Iahrhundert her ist, dafs sie gebauet wurde. Als der Zimmermeister *Poppe* starb, da erst erhielt *Sonin* den Bau allein. —

*) Unsere neuern Baumeister befolgen hierin andere Grundsätze. Die schöne neue Kirche in *Wandsbeck* steht kaum 6 Jahr, und die Mauren sind schon beträchtlich ausgewichen. —

Sonin gehörte zu den ausgezeichneten Menſchen, deren Ruhm länger dauert wie ihr Zeitalter. Auf ſeinem Grabe ſteht kein Monument, aber er ſezte ſich ſelber eins bey ſeinem Leben, welches ſein Andenken durch mehr als ein Iahrhundert trägt.

Er war im Iahr 1709 zu *Perlberg* gebohren, ſtudierte anfangs in *Halle* Theologie, doch bald verließs er dieſe und legte ſich ausſchlieſsend auf Mechanik und Baukunſt. — Auſser ſeinen ausgebreiteten theoretiſchen Kenntniſsen beſaſs er ein Talent, welches nur wenige Baumeiſter haben, und das doch ſo ſehr zum Gelingen groſser Unternehmungen beyträgt. Er verſtand nehmlich alle Handwerke, die mit der Baukunſt in Verbindung ſtehen. Keiner ſeiner Zimmergeſellen, keiner ſeiner Tiſchler, keiner ſeiner Schloſſer übertraf ihn in den mechaniſchen Geſchicklichkeiten des Handwerks. Solte etwas gemacht werden, und ſie machten ihm Vorſtellungen, daſs es nicht angehe, dann machte er es ihnen vor, — und das Schwierige wurde dann leicht gefunden. Auch war er Glasſchleifer. Man hat noch in Hamburg Fernröhre, die von ihm gemacht ſind. So beſizt Herr *Repſold* eins von ihm, das zwar nicht groſs, aber auch achromatiſch und ganz vorzüglich ſchön geſchliffen iſt. —

Die Hauptzüge ſeines kräftigen Charakters waren Kühnheit und Milde. In *Lübeck* kam einmal des Nachts, als *Sonin* grade da war, in einer Zuckerfabrik Feuer aus. Der heftige Wind trieb es nach dem Petrithurm und bald war einer der Nebenthürmchen

Brand. Ohne die ſchleunigſte Hülfe war die ganze Kirche verlohren. — *Sonin* ſah die Gefahr, der zu ſteuern niemand den Muth hatte. — Er fragte ein paar Zimmergeſellen, die er von Hamburg aus kannte: „Ob ſie ihm folgen würden, wenn er vorangehe?“ — Sie folgten ihm. Als ſie oben kamen, ſo ſahen, ſie, daſs der kleine Thurm nicht mehr zu löſchen war. — Sie hieben ihn herunter, und die Kirche war gerettet. Die Zimmergeſellen ſollten nun eine kleine Belohnung an Geld haben. Aber *Sonin* ſtellte vor: daſs Leute, die ihr Leben zum allgemeinen Beſten gewagt hätten, und die ſich nicht fürchteten, als es von drey Seiten um ſie brannte, daſs die eine ausgezeichnete Belohnung verdienten, und er ruhete nicht eher, bis er ſie ihnen verſchafft hatte. Für ſich ſelbſt ſchlug er alle Belohnung aus. —

Mehrere Thürme, die ſo ſehr aus ihrer ſenkrechten Lage gewichen daſs man ihren Einſturz befürchtete, ſetzte er mit Maſchienen wieder gerade. So in Hamburg den Dom, den Catharinen- und den Nicolaithurm. —

Unter ſeinen Arbeiten an alten Türmen iſt aber keine merkwürdiger, als die am Thurm in *Wilſten.*

Der Thurm hatte eine gute Spitze, aber ein zum Theil verfallenes Mauerwerk. *Sonin* ſtützte die Thurmſpitze ab, nahm das alte Mauerwerk 50 Fuſs weg, und führte, während die Spitze oben in

der Luft ſchwebte ein neues Mauerwerk auf. — Als man den guten Erfolg hievon ſah, ſo wünſchte man den Thurm bey der Gelegenheit auch etwas höher zu haben. *Sonin* ſchrob die Spitze noch um 20 Fuſs weiter herauf, — lieſs das Mauerwerk um ſo viel erhöhen, und ſetzte nun die Spitze auf das neue Mauerwerk nieder. Vorher hatte er ſie etwas um ihre Axe gedreht, weil die neue Kirche eine andere Lage bekommen hatte.

Von ſeiner Kraft, etwas ſchnell auszuführen, iſt der engliſche Boſſelhoff, ein Gebäude, deſsen Saal 200 Perſonen faſst — ein bleibendes Denkmal. — *Sonin* hat ihn in 3 Tagen gebaut. Man kann dieſes, wenn man das Gebäude ſieht, nicht glauben, aber es leben noch viele Perſonen, die mit daran geholfen oder zugeſehen haben. Die Geſchichte ſeiner Erbauung iſt dieſe. —

Die Geſellſchaft engliſcher Avanturiers u. Kaufleute wollte auf dem Boſſelhofe an dem Geburtstage des Königs ein glänzendes Feſt geben. — Den alten Boſſelhoff hielt man für zu baufällig und abgetragen, vorzüglich da ein engliſcher Prinz, von dem man wuſste, daſs er nach Hamburg kommen würde, hieran Antheil nehmen ſollte. — Die Vorſteher der Geſellſchaft giengen zu *Sonin*, der grade damals mit dem Kirchenbau beſchäftigt war, und überlegten mit ihm, was zu thun wäre. *Sonin* fragte, wie viel Zeit noch übrig wäre? „Fünf Tage.“ Gut, während der Zeit wollte er ihnen einen andern bauen, wenn er von

der Baudeputation die Erlaubniſs erhielt, ſeine Arbeiter an der Kirche dazu gebrauchen zu dürfen. Den Plan zum Hauſe zeichnete er ihnen zugleich mit Kreide auf den Tiſch. *Sonin* ſtellte nun der Baudeputation vor: daſs es wohl gleichgültig wäre, ob die Kirche ein paar Tage früher oder ſpäter fertig würde, — und daſs man dem engliſchen Court leicht den Gefallen thun könne, — kurz er erhielt die Bewilligung aller Zimmerleute, Tiſchler und Maurer. Nun ging es an ein Niederreiſsen, Beyfahren, Sägen, Zimmern, Hämmern und Klopfen. *Sonin* lieſs Tag und Nacht arbeiten, und gab den Arbeitern doppelten Lohn. — Es waren ſo viel Menſchen dabey angeſtellt, daſs einer faſt auf den andern ſtand, — jeder Zimmergeſell hatte nur einen Balken zuzurichten, jeder Maurer nur ein Gefach zuzumauren; und den dritten Abend war der Boſſelhof nicht allein unter Dach, ſondern ganz fertig mit Thüren, Schlöſſern, Dielen, Treppen und Tapeten. —

Ein ausgezeichneter Zug in *Sonins* Charakter war Wohlthätigkeit. Wenn ihm ein Nothleidender begegnete, ſo gab er ihm kein Geld, ſondern ſchickte *Karstendick* zum Althändler, und lieſs ihm da Kleidungsſtücke kaufen. — Sein Leben war nüchtern und mäſsig, er nahm oft den ganzen Tag nichts zu ſich, wie Milch und Brod. — Er hatte eine feſte Geſundheit, die ihn bis an's Grab begleitete. Noch den Tag vor ſeinem Tode war er mit einem Freunde auf dem Michaelisthurm, um ihm dieſen zu zeigen, und ſelbſt am letzten Morgen war er noch ſehr heiter.

Am 8. July 1794 legte er ſich nach dem Mittagseſſen hin, um auszuruhen. Er ſchlief ein und erwachte nicht wieder. — Sein Alter war 84 Jahr und einige Monate. —

Es ſey mir erlaubt, hier noch einige Züge anzuführen, die zwar an ſich unbedeutend ſcheinen, die aber bey einem Manne von ſo entſchiedenem Charakter, nicht ohne Bedeutung und nicht ohne Werth ſind. —

Sonin machte ſich alles ſelber, was er gebrauchte, und machte es nach ſeiner einmal angenommenen Weiſe, die er für die beſste hielt. Kaufte er ſich zum Beyſpiel einen Huth, ſo zog er mit Kreide rund um den Rand einen Kreis. Nach dieſem ſchnitt er nun den Huth ab, faſste ihn ſelber mit einer goldenen Treſse ein, und machte dann den Huth zu einem gleichſeitigen Dreyeck, an deſſen linke Seite der goldene Knopf mit der goldenen Schleife kam. War die vorderſte Ecke durchgegriffen, ſo drehte er ihn um 120 Grad, ſetzte Knopf und Schleife um, und nun war eine neue Ecke vorn, und zwar ſo lange, bis es nothwendig war, dieſe auch um 120 Grad zu drehen. —

Seine Weſten machte er ſich ſelber, aber ſeinen Rock lieſs er vom Schneider machen. Aber nur das erſtemal. Wenn er gekehrt werden muſste, ſo that er es ſelber. —

Er war nie verheurathet. Bey ſeinem Tode fand man kein Vermögen bey ihm, wie man dieſes bey

einem Manne erwarten zu dürfen glaubte, von dem die Zahlungen von $1\frac{1}{2}$ Millionen gröſstentheils abgehangen hatten. Seine Wohlthätigkeit, und dann ſein uneingeſchränktes Zutrauen, welches er in Leute ſetzte, die es nicht verdienten, waren hieran wohl vorzüglich Schuld. *Sonin* hatte, wie alle kräftig geſtempelte Menſchen, auch in der Religion ſeine eigene Anſicht der Dinge. So ſchwur er nie einen Eid, und bey ſeinem Tode fand ſich, daſs er ſelbſt den gewöhnlichen Bürgereid nicht geleiſtet hatte. Jungen Handwerkern half er gerne fort. Er lieſs ſie zu ſich kommen und unterrichtete ſie im Zeichnen, und ſchützte ſie nachher gegen die Bedingungen des Zunftzwangs. — Sein Witz und ſeine treffenden Bemerkungen machten ihn zum angenehmen Geſellſchafter, und zum gefürchteten Feind der Anmaſsung und des Dünkels.

Sein Körperbau war von mittler Gröſse, ſeine Phyſiognomie ausgezeichnet. Vorzüglich ſein Auge und der untere Theil ſeiner Naſe. — Mahlen lieſs er ſich in ſeinem Leben nie. Doch beſitzt Herr Direktor *Reinke* zwey Gemählde von ihm, die nach ſeinem Tode gemahlt ſind, und wovon eins vorzüglich ähnlich iſt. — Sein Leben ſteht im Nekrolog für 1794. Er liegt im groſsen Grabgewölbe der Michaelis-Kirche begraben. Friede ſey mit der Aſche dieſes ſeltenen, von ſeinen Zeitgenoſsen wenig verſtandenen Mannes! —

Die folgenden Blätter enthalten die Verſuche, die ich über den Fall der Körper, über den Wider-

ſtand der Luft und über die Umdrehung der Erde in *Sonins* Thurm gemacht habe.

Die erſte Veranlaſsung zu dieſen Verſuchen war ein Geſpräch mit meinem Freunde, dem Doktor *Horner*, *) gleich nach meiner Ankunft in Hamburg. In dieſem machte er mich auf die eigene Bauart des Michaelis-Thurms, die ſich ſo ganz zu phyſikaliſchen Verſuchen eigne, aufmerkſam.

Ich beſuchte darauf ſelber den Thurm, und überzeugte mich, daſs er zu dieſen Verſuchen noch vorzüglicher ſey, wie die Thürme in *London* und *Bologna*, wo man ſie ſchon früher angeſtellt hatte. — Ich ſprach nun mit Profeſsor *Reimarus* über dieſe Verſuche und über die Art, ſie anzuſtellen. Dieſer machte mich bekannt mit dem Herrn Canal-Direktor *Reinke*, welcher ſo gütig war, mir die Erlaubniſs zu dieſen Verſuchen von dem damaligen Kirchen-Juraten bey St. Michael, Herrn *Gieſeke*, auszuwürken. — Dieſer ertheilte nicht allein die Erlaubniſs auf eine ſehr zuvorkommende Weiſe, ſondern gab auch zugleich dem Zimmergeſellen *Karstendiek* den Auftrag, mich zu unterſtützen, wenn ich ſeiner irgendwo bey dieſen Verſuchen bedürfen ſollte. Dieſen Auftrag erfüllte *Karſtendiek* die ganze Zeit, daſs dieſe Verſuche dauerten, mit einer groſsen Pünktlichkeit, und auch ſelbſt da noch, als dieſe Verſuche ihm einmahl beynahe das Leben gekoſtet hätten. Für die Treue, die er mir hiebey bewieſen hat, werde ich immer in ſeiner Schuld bleiben. —

*) Derſelbe, welcher jetzt mit der ruſſiſchen Flotille unter Kruſenſtern als Aſtronom die Reiſe um die Welt macht.

Dieſes war im Sommer des Jahrs 1801. Ich machte in dieſem noch einige Meſsungen und ein paar vorläufige Verſuche über die Fallzeiten und Axendrehung, die aber insgeſammt miſslangen. Herr *Pariſh* hatte mir hiezu eine Uhr von *Jeſſop* in *London* geliehen, die die Sekunde in fünf Theile theilte, und für dieſe Abtheilung einen eigenen Zeiger hatte. Bey der Sperrung wurde die Unruhe von einem kleinen Stifte angedrückt. Da man bey dieſen Verſuchen einzelne Terzien haben muſs, und dieſe Uhr nur fünftel Sekunden zeigt, ſo war keine Hoffnung da, mit ihr dieſe Verſuche zu Stande zu bringen.

Ich ſagte dieſes Herrn Profeſsor *Ebeling*, der ſo gütig war, hierüber an den Herrn Geheimen Juſtizrath *Heyne* in *Göttingen* zu ſchreiben. — Dieſer ſchickte uns, mit der nächſten Poſt, die Tertienuhr der Stern-Warte, und *Guglielminis* ſeltene Abhandlung: *de diurno terræ motu*, von der die Göttinger Bibliothek ein Exemplar beſitzt. — Ohne dieſe Aufmerkſamkeit des Herrn Juſtizraths würden dieſe Verſuche nicht genauer geworden ſeyn, wie die, welche vor hundert Jahren in *London* angeſtellt wurden. Die gröſsere Genauigkeit, die ſie jetzt erhalten haben, verdanken ſie nicht meiner Geſchiklichkeit, ſondern der fortgeſchrittenen Zeit.

Die Uhr kam im Winter von 1802 an; als ich nun im Frühjahr dieſe Verſuche fortſetzen wollte, da fanden ſie Schwierigkeiten. Das Perſonale bey St. Michael hatte ſich geändert, und Herr *Gieſeke* war nicht

mehr Jurate. Die Art indeſs, wie ſich Profeſsor Reimarus für dieſe Verſuche intereſsirte, verſchaffte mir bald auf's neue die Erlaubniſs, dieſe Verſuche fortzuſetzen. — Mit dem neuen Kirchenknecht ſchloſs ich einen Contrackt, ihm jeden Tag, wenn ich im Thurm war, eine Marck lübiſch zu geben, und ſo kam alles wieder in's Geleiſe.

Dieſe Verſuche ſetzte ich vom May bis in den Octbr. fort, wo ich ſo glücklich war, ſie den 23ſten ſchlieſsen zu können.

Da ich Gelegenheit hatte, eine Bibliothek von 120,000 Bänden benutzen zu dürfen, ſo habe ich zugleich die Geſchichte aller älteren Verſuche über dieſe Gegenſtände angeführt. In *Gehlers* Wörterbuch iſt ſie nicht vollſtändig; ein Fehler, der ſehr verzeihlich iſt, ſo bald ein Mann alle Artikel der Phyſik und ihre Geſchichte bearbeiten ſoll. Und auſser *Gehler* iſt mir kein Werk bekannt, daſs ſie vollſtändiger enthielt. Da ich einmal für mich alle dieſe Data geſammlet hatte, und da nicht jeder die Gelegenheit hat, die zum Theil ſehr ſeltnen Werke nachſchlagen zu können, in denen ſie zerſtreut ſind, ſo glaubte ich wohl zu thun, jedem Capitel dieſer Verſuche die Geſchichte als eine Einleitung voranzuſchicken. Man überſieht zugleich auf dieſe Weiſe leichter, was in dieſen Lehren ſchon geſchehen, und was in ihnen noch zu thun übrig iſt, ehe ſie vollendet ſind. —

Ich habe die Längenmaaſse bey dieſen Verſuchen in pariſer Fuſsen — die Zeitmaaſse in Dezimalen

des Tages, und die Wärmemaaſse in Graden der hunderttheiligen Scale des Queckſilberthermometers angegeben. — Ich ſah nicht ein, warum ich noch die Reaumürſche, oder Fahrenheitiſche Scale gebrauchen ſollte, da die Irrthümer, welche zuerſt die Eintheilung von 80 und von 212 veranlaſsten, längſt entdeckt ſind. Und es iſt wahrſcheinlich, daſs, wenn Reaumür und Fahrenheit jetzt noch lebten, ſie ihre eigene Scalen nicht mehr gebrauchen würden. Die Vorzüge der Dezimaltheilung der Zeit vor der, die im bürgerlichen Leben gebraucht wird, ſind ſo entſcheidend, daſs ich mir gerne die kleine Mühe genommen habe, die eine auf die andere zu reduciren. Die Inſtrumente, deren ich mich bey dieſen Verſuchen bediente, waren noch alle aus den älteren Zeiten. Dieſe Zeiteintheilung iſt für's bürgerliche Leben recht gut, da es bey allen Angaben, die hier gebraucht werden, völlig gleich iſt, ob man die Stunde in 60 Minuten theilt oder in 100. Käſtner fragte zwar: „ob ſich die Aſtronomen nach der Welt, oder die Welt nach den Aſtronomen richten ſollte?" Allein ich glaube, daſs beyde ſich am beſten ſtehen, wenn ſie ihre Geſchäfte jeder für ſich machen, — vorzüglich da ihre Wege nicht ſehr zuſammenfallen. —

Ich halte die Dezimaltheilung und die Beſtimmung allgemeiner Maaſse und Gewichte für den gröſsten Schritt in der Kultur, den das Menſchengeſchlecht, ſeit Erſindung der Buchſtabenſchrift, der Druckerey, und des Compaſſes, noch thun kann. Ich würde deſswegen auch das franzöſiſche Meter als Längenmaſs gebraucht haben, wenn es mir nicht ſchiene, daſs

noch einiges fehlte, ehe es ein allgemeines Maaſs für alle Zeiten und Völker der Erde iſt. — Der Schritt von Jacob Köbels Meſsruthe bis zum franzöſiſchen Meter iſt ſehr groſs, aber vielleicht noch nicht der letzte zu einem Meter für's Menſchengeſchlecht. — Es ſey mir erlaubt, ein Wort über Nationalmaaſse des Menſchengeſchlechts hier einzuſchalten.

Der nördliche Quadrant des 20 Grades von Ferro kann, da die Gröſse der Erdmeridiane verſchieden iſt, eben ſo wenig ein allgemeines Maaſs ſeyn, wie die Länge des Sekundenpendels. — Die Erde iſt ein irreguläres Sphäroid, und zwar ſo ſehr, daſs, wenn das National-Inſtitut in Peking durch Gradmeſſungen die Gröſse eines 10 Millionentheils des Erdquadranten beſtimmt, es ein Meter bekommen wird, daſs zwar nicht viel vom pariſer abweicht, aber doch ſo viel, das unſere mikrometriſche Stangenzirkel ſchon einen Unterſchied angeben. Und bey genau beſtimmten Gröſsen tritt dann wieder die alte Frage ein: iſt dieſe Angabe nach dem Meter von Peking oder nach dem von Paris? Wie ſehr die Erde ein irreguläres Sphäroid iſt, das ſieht man an den verſchiedenen Gradmeſſungen. Die 10 in Frankreich gemeſſenen Grade gaben die Aplattung zu $\frac{1}{150}$. Verbindet man ſie mit dem Grade in Peru, ſo geben ſie ſie um mehr als die Hälfte kleiner nämlich $\frac{1}{334}$. Wie man aus ſo wenig Meſsungen eines irregulären Körpers ſeine Figur nur mit einiger Sicherheit herleiten könne, das iſt ſchwer zu begreifen. — Wenigſtens muſs dem Unbefangenen hier immer wieder die Frage kommen: Wenn man ganz andere Theile dieſes irregulären Kör-

pers mifst, wird man dann wieder aus diefen Mefsungen diefelbe Figur finden, welche die vorigen Mefsungen gaben? Diefe Fragen find den grofsen franzöfifchen Gelehrten, die in der Commiffion der Maafse und Gewichte fafsen, eben fo gut eingefallen, wie den Ausländern; aber im Laufe der Revolution, wo ruhige Bildung und Entwickelung zurückgedrängt wurden, waren einmahl allgemeine Maafse decretirt, und fie mufsten ausgeführt werden, das *Zeitalter* und die Wiffenfchaft mochten dazu reif feyn oder nicht. —

Die Axenbewegung der Erde ift unfer natürliches Maafs der *Zeit*, — ihre Axe das natürliche Maafs des Raums. Die Axe ift allen Völkern der Erde gleich nahe und gleich theuer, — fie ift für alle Zeiten und für alle Längen und Breiten, ihre Gröfse ift unveränderlich und bleibt beftändig diefelbe. — Auch fcheint zur linearifchen Einheit eine gerade Linie fchicklicher zu feyn, wie ein Bogen. — Zwifchen den Maafsen der Zeit und denen des Raums würde dann eine gewifse Einheit feyn, da jetzt fchon bey grofsen Zeiten die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn, und bey grofsen Räumen der Durchmeffer der Bahn, und nicht ihr Bogen, das allgemeine Maafs des Raumes ift. —

In 100 Millionen Theile getheilt, würde die Axe ein Maafs geben, das der Palme nahe käme, und das bequemer für den Gebrauch wäre, wie das fechsmal fo grofse franzöfifche Meter, da die Maafse fich leichter vervielfältigen als theilen lafsen. —

»Aber wie findet man die Gröſse der Axe ſo ge»nau, daſs bey einer Gröſse von etwa 10 Fuſs der »Fehler der Ungewiſsheit verſchwindend klein für »unſere Sinne iſt?»

Es giebt hiezu 3 Wege, — wovon der kürzeſte länger iſt, wie ein Menſchenalter. —

Der erſte ſind Gradmeſſungen eines groſsen Bogens von 60 und mehreren Graden, wo dann von dem bekannten Groſsen auf das unbekannte Kleine geſchloſsen wird. Die Waſſergränzen in Europa und der Mangel an Cultur in den übrigen Welttheilen machen dieſe Meſsungen unmöglich. Es bleibt daher von dieſer Seite nichts übrig, als eine Menge genauer Meſſungen einzelner Grade in allen Theilen der Erde. Man kann hiebey nach den Geſetzen der Wahrſcheinlichkeit annehmen, daſs die Fehler der örtlichen Ungleichheiten ſich gegeneinander aufheben würden, und daſs das Mittel aus allen nur wenig von der Wahrheit abweichen würde. Doch dürften, um dieſe mit einiger Sicherheit anwenden zu dürfen, dieſer Meſſungen wohl nicht unter 20 bis 30 ſeyn. —

Der zweite Weg iſt: genaue Beobachtungen des Mondes an ſolchen Orten zu machen, deren Entfernung ſehr groſs iſt, und deren Längenunterſchied ſehr genau durch ſolche Methoden beſtimmt ſind, auf welche die Figur der Erde keinen Einfluſs hat. Lägen dieſe Orte am Ufer des Meers, ſo erhielte man die Abplattungslinie nicht vom feſten Lande, ſondern vom

Meere, und da wäre es ſehr wahrſcheinlich, daſs drey Linien, wovon die eine durchs atlantiſche Meer, die zweyte durch das indiſche, und die dritte durch den ſtillen Ocean gelegt würden, genau dieſelben wären. Man lernte auf dieſe Weiſe nicht die Ungleichheiten im Erdſphäroid kennen, aber wohl das Sphäroid des Oceans und die Gröſse ſeiner Axe.

Der dritte Weg, der zugleich der einfachſte und kürzeſte iſt, iſt der, die Abplattung durch Pendelverſuche zu beſtimmen. Man hat dieſes ſchon mehrmahls verſucht, aber die Pendelverſuche, die dabey zum Grunde gelegt wurden, waren nicht genau, nicht von entfernten Orten, und nicht in gehöriger Anzahl. Auch war die Methode fehlerhaft, nach der die Pendelbeobachtungen waren gemacht worden, wenigſtens war ſie es, wenn dieſe Beobachtungen zur Beſtimmung der Abplattung ſollten gebraucht werden. Man hatte nähmlich die Pendellängen an verſchiedenen Orten unmittelbar gemeſſen. Dieſe Methode iſt an ſich gut, aber ihre Ungewiſsheit geht immer auf 2 oder 3 hundert Theile der Linie. — Will man aber die Figur der Erde aus Pendelverſuchen beſtimmen, ſo darf hiebey die Ungewiſsheit in der Pendellänge nicht bis auf den tauſendſten Theil der Linie gehen. Dieſe Genauigkeit kann man nie durch unmittelbares Meſſen erhalten, ſondern man muſs dieſe kleinen Gröſsen ſich anhäufen laſsen, ehe ſie unſern Sinnen ſichtbar werden. Dieſes Anhäufen iſt ſeit den Entdeckungen und Erfindungen von Galilai und Graham nicht ſchwierig mehr. Wenn man an dem Orte, von dem man

ausgeht, die Pendellänge, ſo genau wie möglich, beſtimmt hat, ſo findet man durch gute Pendeluhren die Unterſchiede der Pendellängen aller andern Orte aus den beobachteten Schwingungs-Zeiten, mit einer Genauigkeit, bey der die Fehler nicht bis auf den tauſendſten Theil gehen. —

Ein paar Pendeluhren, bey denen die Räder auf Diamanten laufen, und die Pendel auf diamantenen Spitzen ſchwingen, deren Compenſationen bey ſehr verſchiedenen Temperaturen abgeglichen ſind, und bey denen der Widerſtand der Luft auf die Linſe, nach dem verſchiedenen Stande des Barometers und Manometers, eine bekannte Gröſse iſt, würden bey einer Reiſe an den Küſten des Oceans, von Island bis nach den Falklands-Inſeln, die Länge der Erdradien auf 50 Punkten ſo genau beſtimmen, daſs über die Figur des Oceans, und über die Gröſse der Erdaxe kein Zweifel mehr übrig bliebe. —

Die Idee von einem allgemeinen Maaſs liegt der Vernunft des Menſchen zu nahe, als daſs er ſie nicht im Laufe der Jahrhunderte vollendet darſtellen ſollte. Künftige Jahrhunderte haben das vergeſsen, worüber jetzt noch geſtritten wird, und die verſchiedenen Völker werden dann williger ſeyn, dem Guten zu folgen, wenn es ihnen auch von einem andern Volke dargebracht wird, als von dem ihrigen. Die Wiſsenſchaften umwandeln die Erde vom Morgen nach Abend, und nach einem Jahrtauſend liegt vielleicht ihr claſſiſcher Boden in Amerika, oder wieder in Aſien. —

Wir haben jetzt 60 verſchiedene Geogenien, wovon ſich jede bemüht, die groſsen Denkmähler der zerſtörten Urwelt, — die Krokodills-Knochen bey Maſtricht, die Elephanten-Knochen in Sibirien, und die Seethiere auf dem Harzgebürge zu erklären. — Vielleicht lernen wir etwas über die groſsen Fluthen, die damals über unſere Erde wogten, und über ihre Urſachen, was in dieſen 60 Geogenien nicht ſteht, wenn wir die Figur des Oceans und die des feſten Landes mit ſeinen örtlichen Ungleichheiten näher kennen werden. —

Erſter Abſchnitt.

Höhe des St. Michaelis Thurms. Vergleichung desſelben mit den höchſten Thürmen von Europa. Beſtimmung der Höhe der verſchiedenen Stadien, — mit der Schnur, — mit Silberdrath, — mit Pendelſchwingungen — mit dem Barometer. Vergleichung des verſchiedenen Formeln von Meyer, de Lüc und Kramp. — Gang der Tertienuhr. Beſtimmung des beſtändigen Fehlers der Uhr, und des beſtändigen Fehlers des Sinnes. — Miſslungene Verſuche über die Anziehung der Sonne und des Mondes auf lange Lothe im Jahr 1801. Geſchichte der früheren Verſuche hierüber, von Grante, Bouguer und Meyer.

Erster Abschnitt.

Höhe des St. Michaelis Thurms. — Vergleichung desselben mit den höchsten Thürmen von Europa. Bestimmung der Höhe der verschiedenen Stadien, — mit der Schnur, — mit Silberdrath, — mit Pendelschwingungen — mit dem Barometer. — Vergleichung des verschiedenen Formeln von Meyer, de Lüc und Kramp. — Gang der Taschenuhr. Bestimmung des beständigen Fehlers der Uhr, und des beständigen Fehlers des Sinnes. — Misslungene Versuche über die Anziehung der Sonne und des Mondes auf langen Körper, im Jahr 1801.

Geschichte der früheren Versuche hierüber, von Granlot, Hoegner und Meyer.

Erster Abschnitt.

Als der Michaelis-Thurm gebaut wurde, betrug seine Höhe vom äusseren Pflaster bis zum Ende des Kreuzes 402 $\frac{1}{2}$ par. Fuss. Von dieser Höhe scheint er durch das Eintrocknen des Holzes nur wenig verlohren zu haben, denn meine Messungen geben bis auf einige Zoll dieselbe Höhe. *)

*) Nach einem Kupferstich der im Jahr 1780 von ihm erschien, ist seine Höhe 6 Fuss kleiner. Allein dieser Stich ist in einer Höhe von 330 Fuss nahe um 5 Fuss zu klein. Er gibt nähmlich die Höhe des Mittelpunkts der runden Fenster zu 330 F. 4 Zoll, da sie nach meinen Messungen 334 Fuss 11 Zoll ist. Der Kupferstich ist ein grosses Blatt von 20 Zoll, welches unter der Aufsicht von *Sonin* gezeichnet wurde. — Dieser Fehler kommt vielleicht von der ungleichen Ausdehnung des Papiers in Länge und Breite, oder von einem kleinen Fehler, den der Kupferstecher beym Maasstabe beging. Vom Mittelpunkt der runden Fenster bis zum Ende des Kreuzes ist nach dem Stich noch 67 Fuss. Vergrössert man diese in Verhältniss von 330 : 4 1/2 so gibt dieses 67 F. 11 Z. Hiezu 334 F. 11 Z. gibt die ganze Höhe 402 F. 10 Z. Diese Abweichung von

 4 Zoll

Der Petri-Thurm in Hamburg ist nur 367 pariser Fuss hoch, scheint aber höher, obschon er 35 Fuss niedriger ist, weil seine Spitze eine einfache Pyramide ist, die man, aus optischen Gründen, immer scheinbar entfernter sieht wie eine Kuppel. — Auch trägt die colossale Grösse der verschiedenen Theile des Michaelis-Thurms, dazu bey, dass die Kuppel dem Auge näher scheint, als sie wirklich ist. So hat die Uhrscheibe 23 par. Fuss im Durchmesser, und die Zahlen

4 Zoll kommt von den kleinen unvermeidlichen Fehlern beym Messen her. —

Der Stich ist von *Hillers* gestochen, und jetzt ziemlich selten, vermuthlich weil er im Verlage der Heroldschen Buchhandlung herauskam, die bald nachher fallirte. — Ein andres eben so grosses Blatt stellt die Ruinen der Kirche nach dem Brande vor. Dieses ist von *Müller* gezeichnet und von *Haas* gestochen. Auf einem dritten Blatt sind die Maschienen abgebildet, welche *Sonin* beym Umsturz der alten Mauren gebrauchte, und auf einem vierten die grosse Krone der Zimmergesellen, welche diese auf den Dachstuhl der Kirche setzten. — Dieses ist alles, was mir von der ältern Literatur des Thurms bekannt geworden. Zum neueren gehört noch: „Selbstgespräch des Michaelis-Thurms über den Herrn *Wambach*; 8 Seiten in 8vo.“ Herr *Wambach* war ein geschickter Seiltänzer, der sich und das Publikum mit seinen Künsten den Sommer von 1802 auf dem Hamburger Berge unterhielt. Ein armer Broschürenschreiber, *Schäfer* in Altona, wollte an der allgemeinen Unterhaltung Antheil nehmen und schrieb desswegen, das angeführte Selbstgespräch des Thurms gegen Herrn *Wambach*. Hiedurch entstand eine literärische artistische Fehde zwischen dem Herrn *Schäfer* und *Wambach*, die sich zwar schneller, aber nicht völlig so fein endigte, wie die ähnlichen, die in unsern Tagen in der hohen Loge zum Licht geführt werden.

ſind $5\frac{1}{2}$ Fuſs hoch. Der Durchmeſſer des Knopfs iſt $5\frac{1}{3}$ par. Fuſs und die Fahne iſt $8\frac{3}{4}$ Fuſs lang, und $5\frac{1}{3}$ Fuſs hoch.

Der Münſter in Strasburg iſt 500 Strasburger Fuſs oder 445 pariſer Fuſs hoch. Sein Erbauer war *Erwin* von Steinbach ums Jahr 1276. *)

Der Stephans-Thurm in Wien wird, wenn ich nicht irre von Büſching, zu 430 pariſer Fuſs angegeben. Im Gothaer Taſchenbuch für 1803 aber zu 353 Fuſs. Dieſe groſse Verſchiedenheit in den Angaben kann nicht im Fuſsmaſs liegen, da der Wiener Fuſs nur wenig kleiner iſt, wie der Pariſer. —

Die St. Paulskirche iſt nach dem brittiſchen *Vitruv* bis zu Ende des Kreuzes 338 pariſer Fuſs hoch.

Der viereckige Thurm *degli Aſinelli in Bologna* wo *Riccioli*, *Grimaldi* und *Guglielmini* ihre Verſuche anſtellten, iſt mit ſeinem Piedeſtal 330 par. Fuſs hoch, ohne dieſes 312.

Die Pyramide des *Cheops* zu *Ghize* iſt nach *Gobert* 448 par. Fuſs 2 Zoll hoch. Die des *Chephren* 398 Fuſs.

Das gröſste Gebäude der Erde, die Peterskirche in Rom, iſt nach dem brittiſchen *Vitruv* bis zu Ende des Kreuzes 485 par. Fuſs hoch. — Ihre Breite unter der Kuppel 487 und die Länge 689 Fuſs. —

*) So geben *Büſching* und *Frieſe* die Höhe an. Im Gothaer Taſchenbuch für 1803. iſt ſie zu 417 par. angegeben, ohne indeſs die Quelle zu nennen, woraus dieſe abweichende Angabe geſchöpft iſt.

Ihre Höhe bis an's Ende der Kuppel 393 pariser Fuſs. *)

*) Der berühmte Porzellan-Thurm in Peking ſcheint nach einer Zeichnung, die in *Berkenmeyers* Antiquarius iſt, nicht über 150 Fuſs hoch zu ſeyn. — Der Thurm von *Maria del Fiore* in *Bologna* iſt 190 Ellen hoch. (*Büſching*). Wenn dieſe Ellen der Florenzer Bauelle gleich ſind, ſo wären das 321 p. Fuſs. Der Andreas-Thurm in Braunſchweig iſt 318 Braunſchweiger oder 279 par. Fuſs hoch. Der Ansgari-Thurm in Bremen iſt, wenn ich nicht irre, 230 p. Fuſs hoch. Der Reinoldi-Thurm in Dortmund 225 4/5 par. Fuſs. Der Pfarr-Thurm in Sohlingen 260 rheinl. F. und der in Düſſeldorf 200. Der Nikolai-Thurm in Hamburg 350 p. F. Der Catharinen-Thurm 340 p. F., und der Jacobi 325. Nach dem Schwäbiſchen Lexicon ſoll zu Freiburg im Breisgau ein ſehr hoher Thurm ſeyn, der dem Strasburger Münſter nur um einige Fuſs nachſteht.

Dieſes iſt alles, was ich über die Höhe der Thürme habe auffinden können, und ich glaube, daſs es ſo ziemlich Alles iſt, was man darüber hat. Ein genaues Verzeichniſs der Höhe der merkwürdigſten Thürme, und einige Notizen über das Jahr ihrer Erbauung — über ihren Baumeiſter und über ihre ſpätere Schickſale, fehlt uns, und wird uns vermuthlich noch ſo lange fehlen, bis jemand darüber kommt, der dieſelbe Beharrlichkeit und denſelben ausgebreiteten Briefwechſel hat, wie *La-Lande*, als er die Nachrichten zu ſeinem Werke über die Glocken ſammelte.

In Landshut iſt auch ein ſehr hoher Thurm — ſeine Höhe hat aber weder *Büſching* noch die *Bayersche* Topographie. — Dieſes iſt unrecht. Ein hoher Thurm iſt oft in einer Stadt das einzige Denkmahl menſchlicher Kraft, — und der Ortsbeſchreiber darf dieſes nicht übergehen. Herr *von Heſs* hat in ſeiner Topographie von Hamburg die Angaben über die Höhen der Thürme und ihre Geſchichte mit vieler Sorgfalt geſammelt. — Man lieſt dieſes gerne und es iſt angenehm, den Nahmen des verſtändigen Meiſters zu wiſſen, der mit kluger Hand dieſe Pyramiden fugte, die ſchon ſeit Jahrhunderten dem Wechſel der Zeiten, und dem Auf- und Untergang der Geſchlechter zuſahen.

Höhenmeſſung.

Die erſten Höhenmeſſungen waren den 4ten und 5ten Sept. 1801. Ich bediente mich hiebey eines Silberdrahts, der im Handel mit Nro. 13. bezeichnet wird. Seine Dicke gaben 120 Drehungen im Mittel zu 0,00105 par. Fuſs an. Auf einem Röllchen von 2 Loth waren gewöhnlich 5 bis 600 Fuſs. An ihm hieng eine Kugel von einem Pfund. Mit dieſem Gewicht hielt er bey einer Länge von 340 Fuſs, noch eine Dehnung von 2 Fuſs aus, ohne zu zerreiſsen. Um ihn während der Meſſung in derſelben Spannung zu erhalten, maſs ich ſeine Länge während er ſenkrecht hieng. Ich maſs nähmlich vorher die Höhe des oberſten Stocks, — bohrte oben und unten einen Bohrer ein, an denen der Draht beym Aufhaſpeln vorübergieng, und bezeichnete die Stelle des Drahts, wo er am untern Bohrer anlehnte, — indeſs das erſte Zeichen am obern Bohrer war, — mit einem Seidenfaden der ein paarmahl um den Draht gewickelt, und dann gut geknotet, hinlänglich feſthielt, ohne ſich zu verſchieben.

Die Entfernung der beyden Bohre wurde viermahl gemeſſen:

Die 1ſte Meſſung gab	26 Fuſs	$5\frac{1}{2}$	Zoll.
2te — — —	26 -	$5\frac{1}{2}$	—
3te — — —	26 -	5	—
4te — — —	26 -	5	—

Ich erhielt auf dieſe Weiſe immer Abtheilungen im Drahte von 26 Fuſs $5\frac{1}{4}$ Zoll, die ſehr genau waren, da der Draht in derſelben Spannung gemeſſen wurde, in der Er den Thurm maſs. Ich halte dieſe Metho-

de für diejenige, welche die gröſste Schärfe mit der gröſsten Bequemlichkeit giebt. — Die Meſſung dauerte nicht über eine halbe Stunde. —

Das Maaſs, welches hiebey zum Grunde lag, war ein 10 Fuſsſtock des Herrn Stromdirektors *Reinke*. Er war von Föhrenholz, mit Oehlfarbe überſtrichen und an beyden Enden mit Meſſing beſchlagen. Nach einer Vergleichung, die der Herr Stromdirektor *Reinke* mit einer meſſingnen Scale des rheinländiſchen Fuſses, die unter der Aufſicht des Juſtizraths *Bugge* von *Aal* in *Copenhagen* getheilt war, vornahm, fand ſich, daſs der rheinländiſche Fuſs ſich zu dem Hamburger verhalte wie 1000 : 913. Nach dem angenommenen Verhältniſs von 1270 : 1391, 3. ſollte es ſeyn wie 1000:912, 81. Der ganze Unterſchied beträgt nur 0,00019 Fuſs. —

Da das Meſſen mit dem Draht wegen des Verwickelns und Zerreiſſens mancherley Unannehmlichkeiten ausgeſetzt war, ſo bediente ich mich bey den folgenden Meſſungen im May 1802, ſtatt des Drahtes, feiner Rundſchnur. Dieſe Schnur hat keine Drehung, alle Fäden laufen in ihr parallel, bis auf einen, der ſich durch die andern durchſchlingt, und die Verbindung zwiſchen ihnen macht. Man findet dieſe Schnur unter dem angeführten Nahmen in jedem *Neceſsair*. Es giebt welche von Linnen und von Seide. Ich zog die linnene vor, weil ſie weniger Dehnung hat. —

Meſſung des 1ſten Stadiums.

Die erſte Meſſung gab 28 Fuſs $8\frac{1}{4}$ Zoll.
zweyte — — 28 - $8\frac{1}{2}$ -
dritte — — 28 - $7\frac{3}{4}$ -

Mittel = 28 Fuſs 8 Z. Hamb. 25 F. 3 D.Z. p.

Meſſung des 2ten Stadiums
die 1ſte gab 76 F. $9\frac{3}{4}$ Z.
2te — 76 F. $8\frac{3}{4}$ Z.

Mittel 76 F. $9\frac{1}{4}$ Z. Hamb. — = 67 F. 7 Z. -

Meſſung des 3ten Stadiums
die 1ſte gab 163 F. $6\frac{3}{4}$ Z.
2te — 163 F. $6\frac{1}{2}$ Z.

Mittel 163 F. $6\frac{1}{2}$ Z. Hamb. — = 144 F. 5 Z. -

Meſſung des 4ten Stadiums
die 1ſte gab 273 F. $\frac{1}{2}$ Z.
2te — 273 - -

Mittel 273 F. - Hamb. — = 240 F. 8 Z. -

Meſſung des 5ten Stadiums.

Dieſes beruht auf denſelben Meſſungen, worauf das folgende beruht; ſeine Höhe iſt 327 p. Fuſs.

Meſſung des 6ten Stadiums
4. Sept. 1801. — — 386 F. 3 Z.
5. - - — — 385 - 11 -
1ſte Meſſung am 1. May 385 - 11 -
2te - - - - - 386 - -

Mittel aus den 3 letzten 385 F. $11\frac{1}{3}$ Z. Hb. 340 F. 4 Z. -

Alle diese Höhen sind vom inwendigen Pflaster des Thurms an gerechnet. Beym letzten Stadio von 340 F. 4 Z. ist ein eiserner Pflock in die Königstange geschlagen. Die Scharte, in welche das Loth beym Auslothen gehangen wird, ist 327 par. Fuſs vom Fuſsboden entfernt. Diese Scharte war vorher die gröſte Fallhöhe, da in den beyden Böden des Kabinets keine Oeffnung war. Um eine etwas gröſsere Fallhöhe zu erhalten, und um zugleich einen Ort zu bekommen, dessen Locale bey Versuchen eine gröſsere Bequemlichkeit darbot, wie die enge Treppe bey der Löthscharte, bohrte ich in beyde Böden Löcher von 4 Zoll Durchmesser; die Fallhöhe wurde hiedurch um 13,4 par. F. erhöht. Sie hätte sich noch um 5 Fuſs höher legen lassen, aber man würde, weil die Thurmspitze hier schon sehr enge wird, mehr an Bequemlichkeit verlohren, wie an Höhe gewonnen haben. — Das groſse Grabgewölbe, welches unter der ganzen Kirche hergeht, geht auch bis unter den Thurm; durchbohrte man dieses, so würde dadurch die Fallhöhe noch um 15 Fuſs erhöht, und man würde auf diese Weise eine Fallhöhe von 360 par. Fuſs erhalten können.

Ich habe auf allen Stadien die Höhe neben einem schwarzen Striche bemerkt. In diesem ist zugleich ein Haken zum Aufhängen des Barometers eingeschlagen. Da man auf 340 nicht Licht genug hat, um das Barometer beobachten zu können, so habe ich den Haken im Kabinet auf der Höhe von 333 Fuſs eingeschlagen. Der Thurm ist auf diese Weise ordentlich graduirt, und zu physikalischen und astronomischen Versuchen

auf eine Weiſe eingerichtet, als wenn er irgends dazu gebaut wäre, und es iſt nicht zu leugnen, daſs er ein ſchönes Kabinetſtück für irgend ein phyſikaliſches Kabinet ſeyn würde, wie z. B. das Taylerſche in Harlem oder das Lichtenbergſche in Göttingen. —

Um ſicher zu ſeyn, daſs nicht irgend beym Meſſen der verſchiedenen Stadien ein bedeutendes Verſehen vorgefallen ſey, verificirte ich alle Stadien mit Pendelſchwingungen, indem ich aus der Schwingungszeit die Länge des Pendels und aus dieſen die Höhe des Stadiums berechnete. Ich gebrauchte hiezu den Silberdraht von Nro. 13. an dem unten eine Kugel von 2 Pfund hieng. Die Uhr, nach der ich die Schwingungs-Zeiten beſtimmte, war eine gemeine Taſchenuhr, auf der *Howard London* ſtand. Sie ſchlug die laufende Sekunde mit 5 Schlägen, und hatte dieſelbe Sperrung, wie die Uhr von *Jeſſop*. Sie war zu dieſen Verſuchen, von denen keine groſse Genauigkeit gefodert wurde, ſehr bequem. Ihr Gang war verſchieden, nachdem mehr oder weniger von der Kette auf die Schnecke gewunden war. In der Mitte der Schnecke gieng ſie mit einer ziemlich regelmäſsigen Voreilung von 8 bis 9 Sek. in 10 Min. vor Sonnenzeit. Sonſt hatte ſie Stellen, wo ſie in 10 Min. nur 2 Sek. vorgieng und wieder andere, wo ſie in einer Stunde nur 4 Sek. voreilte. Dieſe Abweichungen beweiſen, wie wenig Sorgfalt man in den Uhr-Fabriken auf die Abgleichung der Schnecke verwendet, und dann, wie ſehr in dieſen Uhren die Haupt-Feder die Unruhe beherrſcht.

Ich habe bey folgenden Beſtimmungen die Länge des Hamburger Sekundenpendels zu 440,75 par. Linien angenommen. — Da in Hamburg nie die Länge des Sekundenpendels beſtimmt iſt, ſo muſste ſie durch Rechnung aus anderen Beſtimmungen hergeleitet werden.

Brandes berechnete ſie nach *La Place* aus Bordas Verſuchen in London zu 440,79; Dr. *Gauſs* berechnet ſie nach ſeiner Formel (439,20 + 2,40 (*ſin. lat.* ^{2}) zu 440,75. Nach *la Place* ſeiner (439,211 + 2,5827 (*ſin. lat.* ^{2}) fand er Unterſchied zwiſchen Hamburg und London 0,09 nach ſeiner 0,08. *Graham* fand für London aus Schwingungen 440,65. Dieſes giebt folgende Angaben für die Hamburger Pendellänge.

Nach *Gauſs und Graham*	440,73
— *La Place und Graham*	440,74
— *Gauſs* Formel	440,75
— *Brandes*	440,79
Mittel aus aller	440,75

Damit die unvermeidlichen Ungleichheiten im Gange der Uhr wenigen Einfluſs auf die Reſultate hätten, verglich ich ihren Gang vor und nach den Beobachtungen mit Herrn *Repſolds* Pendeluhr.

1ſtes Stadium.

Am 3 May 1802 gaben 6 Reihen, jede von 30 Schwingungen, im Mittel 2,84 Sek. für die Einzelne.

Die hieraus berechnete Pendellänge war 24,68 p. Fuſs.
die gemeſſene — — — 24,60

Unterſchied 0,08 p. F. *)

2. Stadium.

Den 6. May gaben 6 Reihen jede von 52 Schwingungen im Mittel 4,64 Sek. für die Einzelne. Die hieraus berechnete Pendellänge von 65,89 p. Fuſs.
die gemeſſene 65,47

Unterſchied 0,42

3. Stadium.

Den 7. May gaben 6 Reihen jede von 50 Schwingungen im Mittel die Einzelne zu 6,832 Sek. Die hieraus berechnete Pendellänge war 142,65 p. Fuſs.
die gemeſſene 143,65

Unterſchied 0,80

4. Stadium.

Denſelben Tag gaben 6 Reihen jede von 40 Schwingungen im Mittel 8,854 Sek. für die Einzelne. Die hieraus berechnete Pendellänge war 239,9 p. Fuſs.
die gemeſſene 240

Unterſchied 0,1

*) Da das Pendel nicht bis auf's Eſtrich gehen konnte, ſo wurde ſein Abſtand von dieſem, von der Höhe des Stadiums abgezogen.

5. Stadium.

Denſelben Tag gaben 6 Reihen Schwingungen jede von 30, die Einzelne zu 10,326 Sek. Die hieraus berechnete Pendellänge war 326,4 p. Fuſs
die gemeſſene 325,9

Unterſchied 0,5

6. Stadium.

Denſelben Tag gaben 6 nicht ſehr ſichere Reihen jede von 30 Schwingungen die Einzelne zu 10,513 Sek. Die hieraus berechnete Pendellänge war 338,3
die gemeſſene 339,5

Unterſchied 1,2 par. Fuſs.

Die Gröſse der Schwingungen auf den 4 erſten Stadien war 6 bis 10 Fuſs. Die auf den beyden letzten um 1 bis 1½ Fuſs, weil bey gröſseren Schwingungen ſich der Draht oben anlehnte. — Durch dieſes Anlehnen fand ich im Herbſt von 1801 eine völlig unrichtige Pendellänge. Ich beobachtete damals allein, und konnte während ich unten war, das obere Anlehnen nicht bemerken. Die Pendellänge, die ich damahls für 340 fand, war um 12 Fuſs falſch.

Wenn die Schwingungen ſo ſehr klein ſind, ſo iſt es ſchwer, ihr Ende ſcharf zu beobachten, und hierin liegt wohl der Grund der gröſseren Abweichung auf dem letzten Stadio.

Dieſes ſind, aller Wahrſcheinlichkeit nach, die längſten Pendel, die ſeit Erſchaffung der Welt geſchwungen haben, vorausgeſetzt daſs Adam, der nach der Meynung einiger Theologen *in phyſicis* ſchöne Kennt-

niſſe ſoll beſeſſen haben, — nicht noch längere am Baum der Erkenntniſs hat ſchwingen laſsen.

Wenn das Galiläiſche Geſetz: daſs ſich die Länge der Pendel gegen einander verhalte, wie die Quadrate der Schwingungszeiten, noch irgend eines Beweiſes durch die Erfahrung bedürfte: ſo könnten ihn dieſe Verſuche geben.

Stadien	Zeiten	Berechnete Länge.	Gemeſſene Länge.	Unterſchied in Fuſs.
	1″		3,0608	
1	2,840	24,68	24,60	— 0,08
2	4,640	65,89	65,47	— 0,42
3	6,832	142,85	143,65	+ 0,80
4	8,854	239,90	240,00	+ 0,10
5	10,326	326,40	325,90	— 0,50
6	10,513	338,30	339,50	+ 1,20

Oder in Dezimal- Sekunden.

Stadien	Zeiten	Berechnete Länge.	Gemeſſene Länge.	Unterſchied in Fuſs.
	1″		2,2848	
1	3,287	24,68	24,60	— 0,08
2	5,370	65,89	65,47	— 0,42
3	7,919	142,85	143,65	+ 0,80
4	10,246	239,90	240,00	+ 0,10
5	11,951	326,40	325,90	— 0,50
6	12,167	338,30	339,50	+ 1,20

Man kann bey Pendelverſuchen die Schwingungszeiten viel genauer beſtimmen, wie die Länge des Pendels, weil jene ſich ſummiren laſsen. Da ſie nun

außerdem mit dem Quadrat in Rechnung kommen, so ist es vortheilhaft, sich langer Pendel zu bedienen, wenn man die absolute Länge des Sekundenpendels bestimmen will. Bey der Pendellänge von 340 Fuß macht $\frac{1}{2}$ *Zoll* Fehler, in der Bestimmung der Länge in der daraus hergeleiteten Länge des Sekundenpendels, nur einen Irrthum von 0,046 Linien. —

Man kann indeß eine noch größere Genauigkeit erhalten, wenn man hiezu Pendel von 25 Fuß nimmt. Es ist nicht schwierig, Maaßstäbe zu bekommen, die diese Höhe auf einmal messen. Bestimmt man nun nachher mit dem Stangenzirkel die Länge dieser Maaßstäbe bis auf zwey zehntel Linien, so macht dieses in der Länge des einfachen Sekundenpendels nur einen Irrthum von 0,02 Linien. Borda bediente sich, wenn ich nicht irre, bey seinen Pendelversuchen Pendel von 12 Fuß. —

Größere Höhen wie 25 Fuß mit derselben Genauigkeit zu messen, ist schwieriger. Man kann dieses nur, wenn man lange Maaßstäbe oben und unten mit Metall beschlägt, und sie dann senkrecht auf einander stellt. Da wo zwey auf einander stoßen, muß ein kleines Gerüst gebaut werden welches sie in ihrer senkrechten Lage hält. Auf diese Weise hat *Sonin* einmal einen Theil des Mauerwerks im Thurm gemessen, als er die Polhöhe des Thurms mit Beobachtungen des Polarsterns durch Hülfe eines großen Dreyecks maaß. Aus dem Sinus des Winkels der Polhöhe, — der in diesem Dreyeck etliche 50 Fuß war,

beſtimmte er die Polhöhe des Thurms zu 53°, 33′, 9″ *). Einer von den Stäben, die *Sonin* dazu gebrauchte, liegt noch im Thurm. Er iſt viereckig, in der Mitte ungefähr doppelt ſo dick wie an beyden Enden, und — um das Durchbiegen zu vermeiden — unten und oben mit Eiſen beſchlagen und ungefähr 25 Fuſs lang. —

Barometer-Meſſung.

Das Barometer, welches hiebey gebraucht wurde, war ein gewöhnliches Gefäſsbarometer von *Gilbert* in London. — Die Röhre war 3 Linien weit, und das Gefäſs 22. Der Vernier theilte den engliſchen Zoll in 100 Theile. — Das Queckſilber konnte durch eine Schraube geſperrt werden, welche unter den ledernen Boden des Gefäſses drückte. Das Thermometer hatte Dezimal-Scale.

Beobacht. den 6. Sept. 1802. Therm. 16 Grad.

	Beym Heraufgehen.	Beym Heruntergehen.
Fuſs.	Zoll.	Zoll.
0	29.847	29.853
64	770	769
141	689	685
237	589	580
330½	494	466

*) Dr. *Horner* fand ſie in den Jahren 1799 bis 1802. Die Polhöhe des Thurms mit Spiegelſextanten 53°, 32′, 40″ und ſeine geog. Länge durch Monddiſtanzen zu 28°, 15′ von Ferro.

Bey 330 iſt ein bedeutender Fehler in der Beobachtung von nahe 0,3 Linien. Die Urſache davon konnte ich nicht finden. Das Barometer war mit einem Loth ſenkrecht geſtellt, und ein ſo ſchnelles Steigen und Fallen iſt auch nicht ſehr wahrſcheinlich, da die übrigen Höhen übereinſtimmen.

20. Sept.	Bar.	Therm.	Bar.	Therm.
0	30,329	10,2	30,321	11,5
64	254	10,8	234	11,5
141	184	12	132	11,5
237	050	11,8	030	12,6
330½	29,945	12,3	29,933	13,2

Bey 141 wurde beym Heruntergehen geläutet, wodurch die Beobachtung ſehr ungewiſs wurde.

20. Sept.

	Bar.	Therm.	Bar.	Therm.
0	30,215	13,2	30,240	15
64	150	15	175	15,5
141	070	15	086	15,5
237	29,950	17	29,940	17
330½	860	17	860	17

21. Octbr.

0	30,157	10,5	30,165	10
64	082	11	100	10
141	29,985	12	29,995	12
237	880	13	895	12
330½	787	13	780	13

21. Octobr.

0	30,150	11°	30,156	11
64	080	11	092	12
141	29,983	12	29,990	12
237	880	12	875	12,5
330½	783	14	783	14

23. Octobr.

0	30,125	11	30,137	12
64	050	11	070	11
141	29,965	11	29,963	11
237	873	12	865	12
330½	755	11	755	11

1sten April 1803.

	Barom.	Therm. außen.	Ther. im Thurm.	Bar.	Ther. außen	Ther. im Thurm.
	Unten.			Oben 330½F		
	30,150 145 135	16½	6½	29,87 78 78	16½	15
Mittel	30,144			29,78		
	30,128 128 120	16½	8	29,75 752 760	18	16½
Mittel	30,125			29,754		

	29,768			30,115		
	760	18	17½	100	15	8½
	750			050		
Mittel	29,759			30,086		

Die Beobachtungen auf dieſem Stadio] wurden, weil es das höchſte war, mit vorzüglicher Sorgfalt gemacht. — Auch war das Locale wegen der guten Beleuchtung vorzüglich günſtig. — Auf den anderen Stadien war es dieſes weniger.

Hieraus berechnete mein Freund *Brandes* folgende Höhen nach *de Luc* :

	Auf 64 Fuſs.	Auf 141 Fuſs.	Auf 237 Fuſs.
14. Sept.	68,5	142,95	243,76
20. —	60,5	131,8	253,94
	69,1	140,0	228,54
21. Octbr.	60,6	151,95	240,40
	57,5	143,2	236,10
23. —	61,7	141,9	226,52
Mittel	63	142	238,2
Corr. d. Gef.	0,8	Corr. + 2,4	Corr. 4,8
	63,8	1444	2430
gemeſſen	64	gemeſſen 141	237
Unterſchied	0,2 F.	Unterſch. 3,4 F.	Unterſ. 6 Fuſs.

Auf 330,5 Fuſs. —

14. Sept.	331,4
20. —	326,5
—	319
21. Octb.	330,7
— —	325,1
23. —	317,3
1. April	334,0
	332,2
	322
Mittel	3265
Correkt	5,6
	332,1
	330,5
Unterſchied	1,6 Fuſs.

Berechnung nach *Kramp.*

14. Sept.	686	142 95	243,6
20. —	59,8	131,3	252,4
21. Octbr.	69,2	140,3	228,9
21. —	59,3	151,2	239,6
23. —	58,2	144,8	237,0
	61,4	141,8	226.3
Mittel	62,75	Mittel 142	238
Correkt.	8	2,8	4,8
	63,55	144,8	242,8
gemeſſen	64	141	237
Unterſchied	0,5 F.	Unterſ. 3,8 F.	Unterſ. 5,8 F.

14. Sept.	—	—	331,0
20. —	—	—	325,1
—	—	—	319,5
21. Octb.	—	—	329,7
—	—	—	324,9
23. —	—	—	317,9
1. April	—	—	329,7
	—	—	330,1
	—	—	321,2
		Mittel	325,4
		Corr. d. Gef.	5,6
			331,0
		gemessen	330,5
		Unterschied	0,5 p.F.

Meyers Formel, wo blos die Logarithmen der Barometerhöhen von einander abgezogen und mit 60,000 zu par. Fuſs gemacht werden, gibt:

14. Sept.		333,8
—	—	325,0
21. Sept.		318,3
21. Octbr.		328,6
23.	—	327,2
	Mittel	326,6
	Correk.	5,6
		332,2
	gemessen	330,5
	Unterschied	1,7

Man sieht, daſs Meyers Regel da sehr gute Resultate gibt, wo die Temperaturen nicht verschieden sind. Am 1. April, wo sie sehr verschieden waren, gibt sie folgende Abweichungen:

1sten April	306,2
	302,6
	292,6
Mittel	300,6
Correk.	5,6
	306,1
gemessen	330,5
Unterschied	24,4 Fuſs.

Die Angabe von *de Luc* und *Kramp* ſtimmen gut überein, nur rechnet ſich nach letzteren leichter. Die Unterſchiede zwiſchen der Theorie und der Meſſung können von Fehlern in dieſer herrühren, und beweiſen nichts gegen jene. —

Wenn man dieſe Meſſungen ſo genau machen will, daſs ſie etwas über die verſchiedenen Theorieen entſcheiden ſollen, ſo muſs man Heber-Barometer gebrauchen, bey denen die Scale unmittelbar auf Glas getragen iſt, und die zugleich feſte Mikroſkope haben, wodurch alle Parallaxe des Auges vermieden wird. — Dieſe Beobachtungen werden ſehr ſcharf, wenn die Linie unmittelbar in 25 Theile getheilt iſt, und das Mikroſkop 10 bis 15mal im Durchmeſſer vergröſsert. — Die Linie, welche das Queckſilber am Glaſe bildet, iſt ſehr ſchart und bleibt dieſes auch noch, ſelbſt bey beträchtlichen Vergröſserungen.

Es würde ſehr intereſſant ſeyn, wenn man auf dem Michaelisthurm eine Reihe äuſserſt genauer Barometer-Meſsungen bey den höchſten Temperaturen im Sommer und bey den tiefſten im Winter machte. Noch intereſsanter wäre es vielleicht, wenn man dieſelben Meſsungen bey ſehr hohen und ſehr tiefen Barometerſtänden wiederholte. — Die groſse Leichtigkeit und die Geſchwindigkeit, mit der man die 330 Fuſs hinauf und hinunter kommen kann, iſt ein Vorzug, den Thürme immer vor Bergen haben.

Gang der Tertienuhr.

Die Tertienuhren können ihrer Einrichtung nach nur ſehr kurze Zeiten genau angeben, für längere machen ſie beträchtliche Fehler. Da die Unruhe nur ſehr kleine Schwingungen macht und die Spiral-Feder nur wenig Windungen hat, ſo iſt ihr Gang für alle Anomalien empfindlich, die entweder von der Ungleichheit det Räderwerks, oder von dem ungleichen Zuge der Schnecke herkommen.

Eine Uhr geht um ſo genauer, je weniger Einfluſs das Räderwerk auf die Hemmung hat. Bey Pendeluhren und bey den Chronometern mit freyer Hemmung findet dieſer Einfluſs nicht ſtatt, und deſswegen ändern erſtere ihren Gang nicht, wenn das Gewicht verdoppelt wird, und letztere zeigen keine Anomalie, die Kette mag ſich auf einer Schnecke winden oder auf einem Zylinder. —

Wie ſehr bey Tertienuhren der Gang von der Schnecke regiert wird, daſs ſieht man aus folgender Tafel, in der die Uhr mit einer Pendeluhr von Minute zu Minute verglichen wurde. —

In der 1ſten Minute ging ſie vor dem Pendel	+ 1″, 24‴
2 - — — — — —	+ 1, 18
3 - — — — — —	+ 1, 8
4 - — — — — —	+ 1, 15
5 - — — — — —	+ 1, 13
6 - — — — — —	+ 1″, 12‴
7 - — — — — —	+ 1, 21
8 - — — — — —	+ 1, 13
9 - — — — — —	+ 1, 4
10 - — — — — —	+ 0, 54

11	-	—	—	—	—	+ 1″, 4‴
12	-	—	—	—	—	+ 0, 52
13	-	—	—	—	—	+ 0, 34
14	-	—	—	—	—	+ 0, 36
15	-	—	—	—	—	+ 0, 18
16	-	—	—	—	—	+ 0, 14
17	verfehlt		—	—	—	— —
18	-	—	—	—	—	0, 24
19	-	—	—	—	—	+ 0, 4
20	-	—	—	—	—	— 1, 33
21	-	—	—	—	—	— 2, 43
22	-	—	—	—	—	— 4, 37
23	-	—	—	—	—	— 8, 22

In der 24ſten Minute war ſie völlig abgelaufen.

Man ſieht aus dieſer Tabelle, daſs ihr Gang in den erſten 12 Minuten ziemlich regelmäſsig war, und daſs ſie zweytens auſser der Anomalie der Schnecke noch eine andere hatte, die völlig ohne Geſetz war. Dieſe Anomalie war ſchon merkbar, wenn man ſie in der Nähe des Ohrs gehen lieſs. — Man hörte, daſs ſie periodenweiſe ſchneller ging, und eben ſo konnte man, wenn man ſehr genau Acht gab, ſehen, daſs der Tertienzeiger zu Zeiten ſchneller herumſprang. Dieſe Anomalie ſchien mir von der Excentricität der Räder herzurühren, und vorzüglich derer, die mit der Unruhe in naher Verbindung ſtanden. Daſs ſie nicht vollkommen rund waren, das konnte man ſehen, wenn die Uhr auseinander war, und ſie würkten daher, auf den verſchiedenen Punkten ihres Umkreiſes, als längere oder kürzere Hebel.

Die Uhr ist von *Klindworth* in Göttingen gemacht. Sie ist, so viel ich weiss, die erste und die einzige, die er gemacht hat. *Klindworth* arbeitet sonst gut; aber wenn einer, der nicht Kleinuhrmacher ist, so etwas macht: so fehlen ihm gewöhnlich die feinern Handgriffe, die nur eine lange Uebung geben kann. Sie ist in einem viereckigen Gehäuse von 4 Zoll Länge und 2 Zoll Breite. Sie hat 3 Zeiger, für Minuten, Sekunden und Tertien, welche alle drey excentrisch gehen. Ihre Hemmung hat Aehnlichkeit mit einer Zylinderuhr, nur dass im Hemmungsrade die Zähne schlicht gerade sind, und keine aufrechtstehende Spitzen mit Hütchen haben. Die Sperrung geschieht vermittelst des Einfassens eines Hakens in ein Rad, welches 60 Zähne hat, und in jeder Sekunde einmal herum läuft. Dieses Rad steht in unmittelbarer Verbindung mit dem Hemmungsrade. — Der Haken zur Sperrung wird von aussen, vermittelst eines kleinen Knöpfchens, durch den Druck des Fingers ausgehoben, wo dann die Uhr gleich zu gehen anfängt. Lässt der Druck nach, so fällt der Sperrhaken wieder in den Zahn des Sperrrades, und die Uhr steht still. Diese Uhr gehört der Sternwarte, und ist dieselbe, womit Major *Müller* und Hofrath *Meyer* die Schallmessungen angestellt haben. Auf dem physikalischen Cabinet ist noch eine runde von *Arndt* in Hannover, mit welcher *Lichtenberg* die Schallbeobachtungen zwischen seinem Gartenhause und dem Jacobi-Kirchthurm machte.

Ausser diesen Anomalien haben die Tertienuhren noch die Eigenheit, dass sie ihren mittlern Gang, für

einen beſtimmten Theil der Schnecke, nicht allein jeden Tag ändern, ſondern auch oft an demſelben Tag mehreremal. Dieſes rührt gröſstentheils von den verſchiedenen Temperaturen her, in denen ſich die Tertienuhr befindet.

Aus dieſem allen folgte, daſs, wenn man mit dieſer Tertienuhr genaue Reſultate haben wollte, man 1) vor und nach jeder Reihe Beobachtungen den Gang, den ſie während den Beobachtungen hatte, durch Vergleichung mit der Pendel beſtimmen müſste, und daſs man 2) eine groſse Anzahl Beobachtungen auf demſelben Stadio an verſchiedenen Tagen mache, damit ſich die unvermeidlichen Fehler gegen einander aufhöben.

Beſtimmung des beſtändigen Fehlers der Uhr.

Wenn man auch den mittleren Gang der Uhr für eine Minute kennt, ſo iſt man doch noch nicht ſicher, daſs ſie in den 2 oder 4 Sekunden der Beobachtung *genau denſelben* mittleren Gang geht. Thut ſie es nicht, und der Fehler iſt conſtant: ſo hilft die groſse Anzahl der Beobachtungen und das fleiſsige Vergleichen mit dem Pendel zu nichts, als den Beobachter in ſeinem Irrthume zu beſtärken.

Der Urſachen, warum die Uhr, während der Beobachtung, nicht den mittleren Gang geht, können mehrere ſeyn.

1) Nach der Ruhe iſt die Reibung am ſtärkſten, vorzüglich da, wo Oel iſt; dieſes muſs den Gang der Uhr verſpäten.

2) Daſſelbe thut der Widerſtand, der von der Maſſe der Räder und der Unruhe herrührt.

3) Durch das Ausheben des Sperrhakens aus dem Sperrrade bekommt die Unruhe eine neue Bewegung, welche die Reibung des Hakens auf den Zahn des Sperrrades verursacht. Da der Moment des Aushebens gewöhnlich sehr schnell ist, und da diese Vermehrung der Kraft gerade auf den empfindlichsten Theil der Uhr wirkt: so kann dieses für den Augenblick einen schnelleren Gang machen.

4) Ist es möglich, dass das Sperren nicht völlig so momentan ist, wie das Loslassen. Der Haken wird mit einer Feder in's Sperrrad getrieben, die nicht so stark ist, wie die Kraft des Daumens beym Andrücken, und die also auch nicht so schnell die Reibung des Hakens überwindet, — wodurch also die Beobachtungszeit verlängert wird.

Aus diesen Betrachtungen folgte, dass es nicht wahrscheinlich wäre, dass der Gang der Uhr, während der Beobachtung, dem mittleren Gange gleich sey; aber ob er grösser oder kleiner sey, und wie gross und wie klein er sey, das liess sich nur durch eine grosse Anzahl Versuche finden, in denen man diese unbekannte Grösse mit einer bekannten vergliche. —

Die bequemste Vergleichung war hiebey wieder die Pendeluhr. Wenn man nämlich an dieser eine Reihe von Beobachtungen von 2 oder 4 Sekunden machte, so musste die Summe, die z. B. 120 Sekunden war, 2 Minuten des mittleren Ganges der Tertienuhr seyn. — Der Unterschied war der constante Fehler der Uhr.

Aus 200 Beobachtungen bestimmte ich, im Junius von 1802, diesen Fehler zu $6\frac{1}{2}$ Tertie. Ich bediente mich hiebey einer Pendeluhr, welche die Sekunde

nicht ſo kurz ſchlug, wie ich ſie wünſchte; und da die Beobachtungen unter ſich auch ſehr von einander abwichen, ſo beſtimmte ich dieſen Fehler am 10. October noch einmal. Ich verglich nun die Tertienuhr mit einer neuen Pendeluhr des Herrn *Repsold*, welche die Sekunde äuſſerſt kurz ſchlug. Ich fand ihn nun $2\frac{1}{2}$ Tertien gröſser, nämlich 9‴. Bey dieſer Beſtimmung liegen 55 Beobachtungen zum Grunde.

Aber auch dieſe Beſtimmung halte ich nicht bis auf 1‴ ſicher. Das Geräuſch der Straſse, und vielleicht körperliche Ermüdung, da ich dieſe Verſuche an einem Abend machte, wo ich den ganzen Tag im Thurm war, machten, daſs die Fehlergrenze bey dieſen Verſuchen nicht ſo enge war, wie ich erwartete.

Die 9 Tertien ſind Voreilung, und müſſen demnach von den Beobachtungen abgezogen werden. Es ſcheint alſo, daſs die beyden letzten, der oben angeführten Urſachen der Stöhrung die beyden vorherrſchenden ſind.

Beſtimmung des beſtändigen Fehlers des Sinnes.

Es wird bey dieſen Verſuchen vorausgeſetzt, daſs unſere Sinne völlig momentan ſind, das heiſst, daſs wir in demſelben Moment die Uhr ſtill ſtehen laſsen, indem der Schall unſer Ohr trifft. Dieſe Vorausſetzung iſt nicht wohl anzunehmen, da es wahrſcheinlich iſt, daſs ein kleiner Zeittheil darüber hingeht, ehe der Schall bis in's Gehirn fortgepflanzt, und wieder aus dieſem, der Befehl zum Loslaſſen durch die Nerven des Arms bis in die Fingerſpitze gekommen iſt, welche den Sperrhaken einfallen läſst. Da die Uhr mit der linken

Hand in demſelben Moment angedrückt wurde, in welchem die rechte Hand den Faden durchſchnitt, an dem die Kugel hing: ſo konnte hier kein conſtanter Unterſchied ſtatt finden, weil der Druck, der den Faden ſchnitt, eben ſo gut ein paar Tertien früher ſeyn konnte, wie der andere, der den Haken aushob. — Aber das Loslaſſen des Fingers am Sperrhaken konnte indeſs immer ein paar Tertien ſpäter erfolgen, als der Schall in's Ohr kam, und dieſen Unterſchied nenne ich hier *den Fehler des Sinnes.*

Die beſte Art, ihn zu beſtimmen, war die, daſs ich von einer Höhe, für die der Widerſtand als bekannt vorausgeſetzt werden konnte, Kugeln fallen lieſs, und ihre Fallzeiten beobachtete. Wurde nun für dieſelbe Höhe die Fallzeit nachher berechnet, ſo gab der Unterſchied zwiſchen der Beobachtung und der Rechnung den Fehler des Sinnes.

Ich wählte hiezu eine Fallhöhe von 10 pariſer Fuſs. Die Fallzeit konnte man leicht für dieſe Höhe aus der Länge des Sekundenpendels herleiten; und was den Widerſtand der Luft betraf, ſo war es längſt aus den frühern Verſuchen von *Hawksbee* und *Desagulier* bekannt, daſs er für dieſe mäſsige Geſchwindigkeiten mit dem Neutonſchen Geſetz des Widerſtandes völlig übereinſtimmte.

Dieſe Methode hatte noch überdem den Vortheil, daſs ſie mir nicht allein die Gröſse vom Fehler des Sinnes gab, ſondern auch zugleich ſehr genau die Summe aller der Fehler anzeigte, die ich bey dieſen Beobachtungen beging. Es hatte nun z. B. keinen Einfluſs weiter, daſs der beſtändige Fehler der Uhr

bis auf eine Tertie ungewiſs war; denn er mochte um eine Tertie gröſser oder kleiner ſeyn, ſo änderte dieſes an der Summe der Fehler nichts.

Da auf der genauen Beſtimmung dieſes Fehlers die Sicherheit aller übrigen Beobachtungen beruht, ſo habe ich ihn durch 12 Reihen Beobachtungen ſo genau zu beſtimmen geſucht, daſs die Ungewiſsheit nicht bis auf zwey Dezimale der Tertie geht.

Ich will hier die Beobachtungen anführen, die ich hierüber am 2ten und 3ten Sept. 1802. angeſtellt habe. Man kann hieraus zugleich die Genauigkeit ſehen, welcher die Beobachtungen mit Tertienuhren fähig ſind.

Die Kugeln hingen an einem einfachen Seidenfaden und zwar ſo, daſs die untere Seite der Kugeln genau 10 pariſer Fuſs von dem Balken entfernt waren, auf den ſie fielen. Der Schall beym Auffchlagen war ſehr kurz, dieſes iſt wichtig für die Harmonie der Verſuche unter ſich; der Faden hing zwiſchen einer vorzüglich guten engliſchen Scheere, die in demſelben Augenblick abſchnitt, indem die Uhr angedrükt wurde.

Während den Verſuchen wurde die Uhr beſtändig mit der Pendel verglichen. Da die 9 Tertien Voreilung bey *jeder Beobachtung* ſind, und alſo auch, wenn die Uhr eine Minute zur Beſtimmung ihres mittleren Ganges geht, ſo wurden dieſe 9 Tertien jedesmal von der Zeitgleichung abgezogen. — Für kleine Fallhöhen iſt dieſe Correktion der Zeitgleichung unbedeutend, aber für gröſsere hat ſie ſchon einen Einfluſs von $\frac{3}{4}$ Tertien, und zwar durchaus einen con-

ſtanten, der alle Fallzeitan in dem Verhältniſse zu klein macht, in dem ſie an Dauer zunehmen.

2 Sept. par. Fuſs Fallhöhe.

1ſte Reihe.	2.Reihe.	3.Reihe.	4.Reihe	5.Reihe.	6.Reihe.
60‴	59‴	58‴	60‴	64‴	60‴
61	61	60	62	60	62
60	64	55	56	59	62
59	60	64	62	56	60
60	60	61	60	59	62
61	55	59	66	60	63
62	56	64	63	60	57
60	62	56	54	63	58
60	64	55	57	64	63
61	64	58	60	59	56
60,4	60,5	59,0	60,0	60,4	60,3
Zeitgl. + 1,6	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,6	+ ,9
Fehler 62,0	62,1	60,6	61,6	62,0	60,2
der 9	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9
Uhr. 53,0	53,1	51,6	52,6	53,0	52,2

3. September.

7te Reihe	8.Reihe.	9.Reihe.	10 R.	11. R.	12. R.
61‴	61‴	65‴	59‴	60‴	63‴
61	55	63	61	62	60
64	62	61	58	65	61
66	59	68	65	65	60
64	65	63	63	64	62
64	64	59	66	62	61
62	62	63	59	59	62
61	62	60	59	61	64
60	65	60	64	62	58
59	65	60	65	61	62
62,2	62,0	61,7	61,9	62,1	61,3
Zeitgl. 4	− 4	− 4	− 4	− 4	− 4
Fehler 61,8	61,6	61,3	61,5	61,7	60,9
der 9,0	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9
Uhr. 52,8	52,6	52,3	52,5	52,7	51,9

Mittel aus den ungeraden Reihen.	Mittel	Mittel aus den geraden Reihen.
1. 53,0		2. 53,1
3. 51,6		4. 52,6
5. 53,0		6. 52,2
7. 52,8		8. 52,6
9. 52,3		10. 52,5
11. 52,7		12. 51,9
52,56	52,56	52,50
	52,50	
	52,53	

Ich habe hier alle Verſuche angeführt, nur die ausgenommen, bey denen ich mir eines Fehlers bewuſst war, und dann die, welche mehr wie die gewöhnliche Fehlergrenze vom Mittel lagen. Dieſer waren gewöhnlich von 8 nur einer. —

Man ſieht aus den erſten Reihen dieſer Verſuche, daſs man unter günſtigen Umſtänden alle Beobachtungen innerhalb 3 Tertien halten kann. Es liegen hier 12 einzelne Beobachtungen zwiſchen 59 und 62 Tertien. Die Uhr hatte gerade eine gute Stelle. Der Schall war kurz und beſtimmt, die Lage zum Beobachten bequem, und da es die erſten waren, ſo war der Beobachter auch noch nicht ermüdet. — Sollen dieſe Verſuche genau werden, ſo erfordern ſie eine Aufmerkſamkeit, die zu ſehr anſtrengt, als daſs man ſie lange aushalten könnte. Durch Uebung im Beobachten bringt man es endlich dahin, daſs man ſich aller *Zeitmomente* bis auf ein paar Tertien bewuſst wird, und man kann, wenn man fühlt, daſs die Beobachtung gelungen iſt,

bis auf eine Kleinigkeit vorher ſagen, wo der Tertienzeiger ſtehen wird. Aber ſobald man müde wird, oder ſobald die heitere Stimmung des Geiſtes, die zu dieſen Beobachtungen erfordert wird, verloren iſt: ſo fängt man gleich an, um 6 bis 10 Tertien abzuweichen. —

Unſere Sinne ſind für äuſſerſt kleine Zeitmomente empfindlich, nur fehlt ihnen der Maaſsſtab, nach dem ſie ſie meſſen ſollen, ſobald dieſe Theile kleiner, als $\frac{1}{3}$ oder höchſtens $\frac{1}{4}$ Sekunde ſind. Dieſes Meſſen thut bey den Verſuchen über dem Fall die Tertienuhr, und dadurch wird es möglich, ſo kleine Zeitmomente mit Sicherheit zu erhalten.

Ich glaube, daſs es in der Aſtronomie Fälle giebt, wo es vortheilhaft wäre, unſern Sinnen mit dem Maaſsſtabe der Tertienuhr zu Hülfe zu kommen. Bey den geraden Aufſteigungen der Sterne ſind die Appulſe in einem ſtark vergröſsernden Mittagsfernrohr völlig momentan. Eben ſo momentan iſt der Sekundenſchlag des Pendels, und doch ſind Drittel- und Viertelſekunden alles, was man beobachten kann. Es werden zwar *Zehntel* angegeben, aber dieſes geſchieht nur des bequemern Schreibens wegen; beobachtet werden ſie nicht. *)

Sollten nun die beyden Momente, der Appuls des Sterns an dem Faden, und der Sekundenſchlag der

*) Auch findet man, daſs zuweilen Hundertel angegeben, und auf dieſe ein Werth geſetzt wird; dieſes geſchieht aber nur auf den Sternwarten, wo man auch Tauſendtheile der Sekunde angiebt, wenn die Ungewiſsheit der Uhr bis auf 8 Sekunden und drüber geht. — Dieſe Sternwarten ſind indeſs nicht die berühmteſten.

Uhr, ſich nicht eben ſo genau mit einander vergleichen laſſen, als die beyden Momente des Abſchneidens und des Aufſchlagens der Kugel?

Bey den Abweichungen geben uns die ganzen Kreiſe die Ramuſekunde, bey den geraden Aufſteigungen aber haben wir ſie mit unſern Mittags-Fernröhren bis jetzt noch nicht erhalten können. — Wenn man beym Appuls des Sterns an dem erſten Faden die Tertienuhr andrückt, und mit einem der nächſten Sekundenſchläge den Sperrhaken wieder fallen läſst: ſo wird man Zeit haben, die Tertie abzuleſen und aufzuſchreiben, ehe der Stern am dritten Faden iſt. Daſſelbe wird der Fall ſeyn zwiſchen dem dritten und dem fünften. Wenn zwey Beobachter ſind, die ſich in's Beobachten und Leſen theilen: ſo können ſie, wenn die Faden nicht gar zu nahe beyſammen geſpannt ſind, recht gut alle fünf beobachten. — Uebrigens erfordern dieſe Beobachtungen Uebung und eine genaue Beſtimmung der conſtanten Fehler.

Die ungeraden Reihen gaben oben für 10 Fuſs Fallhöhe — — — — —	52,‴56
Die geraden — — — —	52, 50
Mittel	52, 53
Die Rechnung giebt — — —	48, 86
Unterſchied	3, 67

Dieſe 3,‴67 ſind nun der conſtante Fehler des Sinnes, der alle Beobachtungen zu groſs macht, und der eben ſo, wie der conſtante Fehler der Uhr abgezogen wird.

Der Durchmesser der Kugeln war 1,46 pariser Zoll. Sie bestanden aus 9 Theilen Bley und 1 Theil Zinn. Die Dichtigkeit der Luft wurde $\frac{1}{850}$ von der des Wassers gesetzt. Ich habe beym letzten Mittel Hundertel der Tertien angegeben; ich weiss, was dieses heisst, konnte es aber nicht vermeiden, weil die beyden Mittel nur in den Hunderttheilen von einander abweichen.

Ich habe bey diesen Versuchen den Schall nicht von der Fallzeit abgezogen, weil der Balken, auf dem die Kugeln aufschlugen, mit dem Fussboden in Verbindung stand, auf dem ich mich während den Versuchen befand, und ich daher immer die Dröhnung vom Aufschlagen der Kugeln fühlte. Es war also wahrscheinlich, dass ich die Uhr nach dem Schall anhielt, der sich durch die festen Theile fortpflanzte, und nicht nach dem, welcher durch die Luft kam. Da sich nun der Schall nach den Versuchen von Herrn Professor *Wünsch* durch Holz so schnell fortpflanzt, dass man auf Entfernungen von 864 Fuss seine Geschwindigkeit noch nicht messen kann: so konnte ich bey dieser Höhe von 10 Fuss keine Correktion wegen des Schalls anbringen. Ich hätte eigentlich den Schall zweymal hören müssen; einmal durchs Holz und einmal durch die Luft. Aber der Zeitunterschied zwischen beyden war zu klein, als dass er im Nachhall der Dröhnung hätte können empfunden werden.

Versuche über die Anziehung der Sonne und des Mondes auf lange Lothe.

Ehe ich zu den Versuchen von 1802 übergehe, wird es hier der schicklichste Ort seyn, einige misslungene

Verſuche zu erzählen, die ich im Jahr 1801. über die Anziehungskraft der Sonne und des Mondes anſtellte. —

Ich bediente mich hiebey 340 Fuſs lange Lothe, von feinem Silberdrath, dieſer ſpielte vor einer Scale, die von hinten erleuchtet wurde. Unten hing eine Kugel von 2 Pfund. — Bey dieſer Länge lieſs ſich noch eine halbe Sekunde unterſcheiden. —

Ich glaubte Anfangs, daſs das Abziehen, von der ſcheinbaren Senkrechten, dann am ſtärkſten wäre, wenn Sonne und Mond im Horizont ſtänden, indem ich den Umſtand überſah, daſs nicht allein das Loth gegen die Sonne fiel, ſondern auch der Mittelpunkt der Erde, und beyde alſo relativ ruhend wären. — Durch einen Zufall waren bey den zwey erſten Verſuchen, die ich machte, die Anomalien des Thurms während den 12 Stunden der Beobachtung dieſem Irrthum günſtig, aber bey der dritten Beobachtung fand ſich, daſs das Loth beym Aufgang der Sonne und des Neumondes noch genau auf derſelben Stelle ſtand, wo es beym Untergang geſtanden hatte.

Daſs eine Anziehung der Sonne und des Mondes auf Lothe und Niveaux ſtatt findet, iſt nicht zu läugnen. Wir ſehen dieſes täglich am groſsen Niveau des Meers. Aber ſie iſt dann nicht am gröſsten, wenn die Geſtirne im Horizont ſtehen, ſondern wenn ſie 45 Grad haben. — Es ſind ſchon von mehreren hierüber Beobachtungen angeſtellt worden, die aber auch alle miſslungen ſind. Unter andern vom Profeſſor *Andreas Mayer in Greifswald*, der im Jahr 1776 eine

Abhandlung ſchrieb: *de deviatione et reciprocatione penduli.* — In dieſer Abhandlung unterſuchte er die Stöhrungen, die das Loth durch Sonne und Mond, an der Küſte, durch hohe Fluthen erleidet, und erzählt zugleich die Geſchichte der frühern Verſuche von *Peirenſi*, *Caramuelis*, *Morini*, *Gaſsendi*, *Mersenné*, *Riccioli* und *Grimaldi*. Ferner die, welche er in Greifswald gemacht hat, und auch die frühern von Herrn *Le Cat*, dem Baron von *Grante* und *Bouguer*.

Profeſſor *Mayer* fand die vereinigte Anziehung von Sonne und Mond 0,000014 welches nur einen Winkel von 5''' machte. (*Ximenes* fand durch einen Rechnungs-Fehler $7\frac{1}{2}$ Tertie). Er ſchloſs hieraus, daſs ſie kaum an einem Pendel von 10,000 Fuſs bemerkbar ſeyn würde. Bey der Fluth, die an den engliſchen Küſten oft 50 Fuſs ſteigt, hielt er indeſs die Stöhrung in der Anziehung für groſs genug, um ſie beobachten zu können. —

Einige Beobachter wollten ſchon Bewegungen an Lothen von 30 Fuſs gefunden haben, aber ein Loth, von 50 Fuſs, welches *Meyer* mit aller Sorgfalt aufhing, blieb beſtändig in Ruhe.

Ein Loth von 127 Fuſs welches *Le Cat* in der Kathedral-Kirche zu *Rouen* aufhing, machte kleine Schwenkungen, die aber völlig irregulair waren, und die *Le Cat* ſelber für Geſichtstäuſchungen hielt.

Der Baron von *Grante* ſtellte in Paris im Jahr 1743 Verſuche mit 30 füſsigen Lothen an. Sie machten irreguläre Schwenkungen, die er dem Mangel an Feſtigkeit des Gebäudes zuſchrieb, in dem er ſie anſtellte.

Im Jahr 1747, wo er in England Kriegsgefangener war, wollte er diese Versuche in einem englischen Kohlenbergwerk zu *Whitehaven* bey *Carlisle* wiederhohlen. Die Höhe war 1600 Fuss; aber durch die Unvorsichtigkeit der Arbeiter, war damals Feuer im Bergwerke ausgekommen, wodurch diese Versuche unmöglich wurden. —

Als Herr von *Grante'* nach Paris zurückkam, machte er in einer Felsenhöhle mit einem Pendel von 11 Fuss aufs Neue Versuche. — Dieses Pendel machte regelmässige Schwankungen, und zwar von Morgen nach Abend von einer halben Linie, und von Mittag nach Mitternacht von $\frac{1}{4}$. Diese Schwankungen schienen mit dem Lauf der Sonne in Verbindung zu stehen. — Der Mond hatte keinen Einfluss darauf. Später fand er, dass es Ziehungen im Gewölbe waren, welche der geschmolzene Schnee verursachte.

Die entscheidendsten Versuche stellte *Bouguer* in Paris im Dom der Invaliden an. Das Pendel war $187\frac{1}{2}$ Fuss lang. Unten hing ein Fernrohr von 15 Fuss Länge, welches sich am Okular um einen agatenen Zapfen drehte. Die Bewegung des Pendels verursachte ein Drehen des Fernrohrs um den Zapfen, welches er durch folgende Einrichtung noch ums 12,00 fache vergrösserte. —

Durch das offene Thor des Doms, sah man auf ein Haus in der Seve-Strasse, welches 556 Toisen vom Loth entfernt war. Auf die Mauer dieses Hauses trug er eine Scale mit Transversalen, welche Theile eines Zolls gab. Da der Aufhängepunkt 3 Fuss vom Zapfen entfernt war, so wurde hiedurch die

Wirkung ums 1112fache vermehrt und es war dasselbe, als wenn er ein Loth von 35000 Toisen gehabt hätte. *Bouguer* fand nur irreguläre Schwankungen, die ihren Grund in der verschiedenen Temperatur und Feuchtigkeit hatten. —

Es ist schwer, so lange Lothe zu völligem Stillstehen zu bringen, und oft scheinen sie mehrere Sekunden scheinbar auf derselben Stelle zu bleiben, ohne deswegen senkrecht zu stehen. Wenn ein Loth von 340 Fuss Schwingungen von ½ Linie macht, so sind diese gegen das Ende der Schwingung so langsam, dass das Auge keine Bewegung sehen kann. Es sieht sie erst nach einigen Sekunden, wenn das Loth sich wieder dem Mittel nähert, wo die Bewegung schneller wird. — Ein Loth von 340 Fuss hat, bey einer Abweichung von 1 Linie vom senkrechten Stande, eine Fallhöhe von nicht mehr wie 0,04 der Dicke eines Haars. Die Bewegung, die es durch diese Fallhöhe erhielt, ist so geringe, dass es 3 Minuten gebrauchen würde, um mit ihr durch 1 Zoll zu gehen.

Dieses und dann die Veränderlichkeit hoher Gebäude machen es unmöglich, durch lange Lothe eine so kleine Grösse wie 5 Tertien zu finden.

Wäre dieses nicht der Fall gewesen, so würde ich hiezu folgende Einrichtung gebraucht haben. In Fig. 3. Taf. VII. ist im Silberdrath des Lothes ein Ring R. In diesem ist ein Spinnefaden aufgespannt, der vor einem Loche spielt, dessen Durchmesser etwas grösser ist wie die Dicke des Fadens. Der Faden hängt im Brennpunkte eines Mikroskops, das ungefähr 10mal vergrössert. Auf diese Weise würde man einzelne

Tertien haben beobachten können. Aber die kleinen Schwankungen des Loths und des Thurms machen diese Versuche unmöglich. Wenn es noch einmal gelingen sollte, die Anziehung der Himmelskörper darzustellen, so gelingt es nur durch *Niveaux*, die eine Luftblase von einigen Fuſsen haben. Ueberhaupt sind Wasserwagen viel empfindlicher wie Lothe, und haben deſswegen vor diesen entschiedene Vorzüge. Herr *Repsold* besitzt eine Wasserwage, die eben so gut für eine Viertel Sekunde Ausschlag gibt, wie meine Lothe von 340 Fuſs. Die Luftblase in ihr ist 8 Zoll lang. —

So äuſserst empfindliche Wasserwagen sind natürlich eben so empfindlich gegen die kleinste Veränderung der Kälte und Wärme, und es würde daher fast eben so schwer seyn, in ihnen die irregulären Schwankungen der Blase zu vermeiden, wie die des Spinnfadens bey langen Lothen. Man müſste hiezu einen einsamen Ort wählen, der nie von der Sonne beschienen würde, und wo zugleich die Einrichtung getroffen wäre, daſs die Körperwärme des Beobachters nicht an's Niveau gelangen könnte. Auch müſste für den Beobachter ein eigener Fuſsboden seyn, der mit dem Steine, auf welchem das Niveau ruhte, in weiter keiner Verbindung stünde. —

Man würde die Abziehung der Sonne und des Mondes auch am ungleichen Gange der astronomischen Pendeluhren wahrnehmen, wenn die Vermehrung oder Verminderung der Schwere, die hiedurch verursacht wird, nicht so äuſserst unbedeutend wäre. — Der Unterschied zwischen der Anziehung, welche der Mit-

telpunkt der Erde, und zwiſchen der, welche die Oberfläche von Sonne und Mond erleidet, iſt wegen der groſsen Entfernung von 21 Millionen und von 51000 Meilen ſo äuſſerſt gering, und zudem ändert ſich noch wegen der täglichen Bewegung der Winkel, unter dem dieſe Anziehung ihr Maximum hat, ſo ſchnell, daſs die beſten aſtronomiſchen Pendeluhren auf *Greenwich*, *Seeberg* und *Mailand* hievon keine Stöhrungen in ihrem regelmäſsigen Gange erleiden, welche für menſchliche Sinne irgend erkennbar wären. *)

*) Herr Prof. *Gilbert* hat im Juniusb. 1801 der Annalen für Phyſik die Wirkungen der Anziehung der Sonne auf Sekundenpendel in einer Note unterſucht, und gefunden; daſs unter dem Aequator ein Pendel um Mittag 1754 Schwingungen in derſelben Zeit macht, in der es um Mitternacht 1755 macht. Es ſcheint mir, daſs Herr *Gilbert* denſelben Irrthum begangen, den ich Anfangs bey meinen langen Lothen beging. Er berechnet nehmlich die Stücke der Abziehung der Sonne auf der Oberfläche der Erde zu 0,000575 (Eigentlich 0,000602, in der andern Zahl iſt ein Rechnungfehler) wenn man die der Erde gleich 1 ſetzt.

Aber der Mittelpunkt der Erde fällt eben ſo gut gegen die Sonne, wie das Pendel an der Oberfläche, ſie ſind alſo relativ ruhend, und es findet zwiſchen ihnen keine andere relative Bewegung ſtatt, als die, welche von der gröſseren Nähe des einen oder des andern bey der Sonne verurſacht wird, wodurch der Nähere ſchneller fällt, wie der Entferntere. Und dieſes ſchnellere Fallen der Oberfläche oder des Mittelpunkts gegen die Sonne hat auf das Pendel dieſelbe Wirkung, wie eine Verminderung der Schwere der Erde, und es müſsen an den Orten, wo Fluth iſt, auch die Pendel langſamer gehen.

Aber dieſe Verminderung der Anziehung verhält ſich nicht wie 0,000575 : 1 ſondern wie die Maſſe der Sonne dividirt mit dem Quadrat vom Halbmeſſer der Erdbahn, $\pm$ dem Halbmeſſer der Erde. Wenn der Halbmeſſer der Erde = 1 der die Erdbahn = 23400 die Erdmaſſe = 1 die Sonnenmaſſe = 329800 iſt, ſo iſt die Verminderung der Schwere = $\frac{329800}{23400^2} - \frac{329800}{23401^2} = 0{,}000602308 - 0{,}00602230 = 0{,}000000078$ die der Erde = 1. Da ſich nun die Pendellänge wie die anziehenden Kräfte verhalten, ſo müſste das Pendel um $\frac{1}{20{,}000}$ einer Linie verkürzt werden, wenn es des Abends dieſelben Sekunden ſchlagen ſollte, die es um Mittag oder Mitternacht ſchlug.

Zweyter Abſchnitt.

Beſchleunigung fallender Körper. Irrige Meinung des Ariſtoteles. Erſte Verſuche von Galiläi in der Cathedral-Kirche zu Pisa. Galiläi findet das Geſetz der Beſchleunigung. Verſuche hierüber von Riccioli in Bologna im Jahr 1640. Bemerkung zu Ricciolis Verſuchen. Verſuche von Dechales in Lyon. Verſuche in Hamburg im Jahr 1802. Fallmaſchine von Atwot.

Zweyter Abschnitt.

Beschleunigung fallender Körper.

Dafs fallende Körper um so schneller fallen, je gröfser ihre Fallhöhe ist, dieses ist eine Erfahrung des täglichen Lebens, welche so gar die Adler kennen, die kleine Schildkröten aus grofsen Höhen auf Steine fallen lafsen, um ihre Schaale zu zerbrechen. Dem *Aeschyl* kostete diese Kenntnifs von der Beschleunigung fallender Körper das Leben, als ein Adler aus einer grofsen Höhe eine Schildkröte auf seinen kahlen Kopf fallen liefs, den er irrig für einen Stein hielt. — Das Tolluntur in altum, ut lapsu graviore ruant, war nicht allein Adlern und Dichtern bekannt, sondern auch den Schul-Philosophen, denen sonst wohl einmal etwas unbekannt ist, was jene schon längst wifsen. Aber über die Ursachen dieser Beschleunigung waren die Meinungen der letzteren getheilt. Einige aus der Schule der Peripatetiker schrieben den Körpern ein inneres Bestreben nach dem Mittelpunkt der Erde zu. Andere erklärten den Fall durch den Druck der Luft, und die Beschleunigung:

„dafs der Körper, je tiefer er falle, von defto höheren Luftfchichten gedrückt werde.»

Was die verfchiedenen Gefchwindigkeiten der Körper von verfchiedenen Gewichten betraf, fo lehrte Ariftoteles: dafs fich die Gefchwindigkeiten wie die Gewichte verhielten, und dafs alfo eine Kugel von 8 Pfund auch 8 mahl fo fchnell falle wie eine von 1 Pfund.

Diefen Irrthum bemerkte fchon *Galiläi*, als er noch in *Pisa* Philofophie ftudierte, und beftritt ihn gegen feine Lehrer. Als er fpäter felbft Lehrer auf diefer hohen Schule wurde, fo erklärte er fich öffentlich gegen diefe und andere Sätze der Ariftotelifchen Philofophie. Er liefs von der Kuppel der Cathedral-Kirche in *Pisa* Kugeln von fehr verfchiedenen Gewichten fallen, die den Boden faft zu gleicher Zeit erreichten. Diefe Verfuche machten Auffehen, und zogen dem *Galiläi* fo viele Feinde zu, dafs er *Pisa* verliefs, und eine Lehrftelle auf der Univerfität in *Padua* annahm. *)

Um diefelbe Zeit machten *Riccioli* und *Grimaldi* in *Bologna* Verfuche über den nähmlichen Gegenftand. Sie liefsen von dem Thurm *degli Afinelli* aus einer Höhe von 256 par. Fufs zwey Kugeln von verfchiedenen Gewichten fallen, und bemerkten, wie viel die fchwerere früher unten fey, wie die leichtere. Aus einer Reihe fehr forgfältig angeftellter Verfuche fanden fie: dafs wenn fie eine eiferne Kugel von 12 Unzen, und eine Wachskugel von 1½ Unze, zugleich fallen liefsen, diefe noch 28 Fufs vom Pflafter entfernt war, wenn jene es fchon berührte. Nach Ari-

*) Nach *Gehler*.

ſtoteles hätte die Eiſenkugel, da ſie 8mahl ſchwerer war, auch 8mahl ſchneller fallen müſsen, und das Pflaſter ſchon berühren wenn die wächſerne noch 224 Fuſs davon entfernt war. —

Der Unterſchied von 28 Fuſs, um den die Eiſenkugel voraus war, rührt vom Widerſtand der Luft her, der für den leichtern Körper gröſser, iſt wie für den ſchwereren. Ein feſter Körper ſinkt in einem flüſsigen immer um ſo langſamer, je leichter er iſt, und je mehr Oberfläche er hat. Eine Kugel von Bley, und eine von Buchsbaum ſinken beyde im Waſſer, aber dieſe langſamer. Hat dieſe 1 Fuſs im Durchmeſſer und die bleyerne einen Zoll, ſo iſt jene ſchwerer, aber da ihre Materie ſpecifiſch viel leichter iſt, ſo muſs ſie doch langſamer ſinken, wie die bleyerne.

Hat man zwey Kugeln von derſelben Materie, wenn die eine 4 und die andere 1 Zoll im Durchmeſſer hat, ſo ſinkt jene ſchneller, weil ſie mehr Gewicht, und verhältniſsmäſsig weniger Oberfläche hat. — Hätte *Riccioli* Bleykugeln gemacht, worin die eine 1 und die andere 6 Zoll im Durchmeſſer gehabt hätte, — ſo würden dieſe mit einer gleichen Geſchwindigkeit gefallen ſeyn, wenn er der groſsen eine Höhlung gegeben hätte, wodurch ihr Gewicht dasſelbe Verhältniſs zur Oberfläche bekommen hätte, wie bey der kleinen. Dasſelbe hätte er erhalten, wenn er Kugeln von verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichten genommen, deren Maſsen ſich umgekehrt verhielten, wie dieſe Gewichte. So hätte er die kleinere Kugel von Bley und die gröſsere von Zinn machen können.

Je leichter der flüssige Körper ist, mit einer desto gleicheren Geschwindigkeit fallen in ihm Körper von verschiedenem specifischen Gewichten. Im Wasser ist die Bleykugel viel früher unten, wie die Buchsbaumkugel, in der Luft ist sie es schon weniger, und in der verdünnten Luft unter der Glocke ist der Unterschied noch weniger; hier sinkt der Flaum und der Dukaten beynah mit derselben Geschwindigkeit.

Durch diese Versuche von *Riccioli* war es nun völlig entschieden, dass alle Körper gleich schnell fallen. Er erzählt sie in seinem *Almagest* im 2ten Buche im 21. Kapitel. — *Baliani*, ein genuesischer Patrizier, machte dieselben Versuche auf dem Schlosse von *Savona*. Seine Fallhöhe war 50 Fuss, seine Kugeln von Bley und Eisen. Der Pater *Ariaga* stellte indess diese Versuche ganz *civiliter* an, indem er einen Stein, eine Brodrinde und eine Feder zugleich vom Tisch fallen liess; er fand, dass alle drey zugleich unten waren, und wunderte sich, dass die Philosophen, statt dieses leichte Experiment zu machen, immer einer den andern nachschriebe; „dass die Geschwindigkeiten fallender Körper sich verhalten, wie ihre Gewichte.» —

Gesetz der Beschleunigung.

Durch die angeführte Versuche war entschieden, dass alle Körper ihren Fall auf dieselbe Weise beschleunigen. Aber das Gesetz der Beschleunigung war noch nicht bestimmt. —

Die gemeine Meinung war: daſs ſich die Geſchwindigkeiten verhielten, wie die durchlaufene Räume: daſs nehmlich ein Körper, wenn er durch 30 Fuſs gefallen ſey, eine doppelt ſo groſse Geſchwindigkeit habe, als ein anderer, der durch 15 Fuſs fällt.

Dieſe Meinung ſcheint ganz einfach und natürlich zu ſeyn, und doch enthält ſie etwas unmögliches und ſich ſelbſt widerſprechendes. Um dieſes einzuſehen, dazu gehörte freilich der Scharfſinn und die Kenntniſse, welche *Galiläi* beſaſs; aber es iſt ein Beweiſs, daſs der natürliche Menſchenverſtand, — wenn man den ungebildeten ſo nennt, — ſich in demſelben Augenblick irren kann, wenn er das lebhafteſte Gefühl der Wahrheit hat. Es war eine Zeit, wo man ihn als höchſte Inſtanz in der Philoſophie nannte. Dieſe Zeit iſt vorbey, und ſie würde vielleicht noch früher vorbeygegangen ſeyn, wenn man die Geſchichte derjenigen Wiſſenſchaften, in denen die Grenze zwiſchen Wahrheit und Irrthum ſo ſcharf und dem menſchlichen Auge ſo erkennbar gezogen iſt, fleiſsiger ſtudirt hätte. —

Galiläi beſchäftigte ſich lange mit anhaltendem Nachdenken über das Geſetz des Falls. Da die Körper nie von der Schwere verlaſsen werden, und alſo in jedem Zeittheile einen neuen Eindruck erhalten, der zum vorigen noch hinzukommt, ſo kam er auf die Vermuthung: daſs ſich die Geſchwindigkeiten verhielten, wie die Zeiten. Er entwickelte dieſe Idee in ſeinen Geſprächen über die Bewegung, die im Jahr 1638 erſchienen. Der Titel dieſes merkwürdigen Buches iſt: *diſcorſi e dimonſtracione matematiche*

intorno a doue nuove ſcienze attenenti alla Meccanica ed i muovimenti locali. —

Er bewieſs hier: daſs ſich die Fallräume verhalten müſsten, wie die Quadrate der Zeiten. Dieſen *Galiläiſchen* Beweis ſieht man am leichteſten auf folgende Weiſe ein:

Wenn man ſich vorſtellt, daſs die anziehende Kraft ſtoſsweiſe wirkt, aber ſo, daſs dieſe Stöſse ohne Grenzen ſchnell auf einander folgen: ſo erleichtert dieſes den Beweis, und der Fehler, den man begeht, iſt von der Wahrheit ohne Gränzen wenig verſchieden.

Nun ſey Fig. 2. Taf. VI. die Zeit *A F* in 10 gleiche Theile getheilt, und in jedem empfange der Körper einen neuen Stoſs, 1, 2, 3, ...: ſo läſst ſich die Summe ſeiner Geſchwindigkeiten in den Zeiten *A B* und *A F* durch die beyden Dreyecke *A B C* und *A F G* ausdrücken.

Nach einem bekannten Satz der Geometrie verhält ſich nun das Dreyeck *A B C* zu dem Dreyeck *A F G* wie *A B* Quadrat zu *A T* Quadrat. —

Da nun die Fallräume der Summe der Geſchwindigkeiten in den beyden Dreyecken *A B C* und *A F G* gleich ſind; da ferner die Summe der Geſchwindigkeiten, die Summe der beſchleunigenden Kräfte gleich iſt; — da ferner die Summe der beſchleunigenden Kräfte in den Zeiten *A B* und *A F* ſich zu einander verhalten, wie die beyden Dreyecke *A B C* und *A F G*; und — da endlich ſich dieſe beyden Dreyecke zu einander verhalten, wie die Quadrate der Zeiten *A B* und *A F*:

ſo verhalten ſich auch

1) die Summe der beſchleunigenden Kräfte, wie die Quadrate der Zeiten;

2) die Summe der Geſchwindigkeiten, wie die Quadrate der Zeiten, und endlich 3) die Fallräume, wie die Quadrate der Zeiten AB und AF.

Galiläi glaubte, daſs es wegen der groſsen Schnelligkeit unmöglich wäre, dieſes Geſetz durch den lothrechten Fall zu prüfen. Er leitete deſswegen aus dieſem Geſetz die Geſetze für den Fall auf ſchiefen Ebenen her, und ſtellte auf dieſen Verſuche an, die er mit der Theorie übereinſtimmend fand. Er lieſs gedrehte Kugeln durch die Rinnen eines ſchiefliegenden Balkens laufen, den er mehr und weniger ſchief ſtellen konnte. Er hatte, um die Reibung zu vermindern, die Rinne mit Pergament ausgeklebt. —

Die Philoſophie des Ariſtoteles war damals die herrſchende in den Schulen von Europa. Sie hatte lange geherrſcht und man verehrte ſie mit einer abergläubiſchen Hochachtung. Ihre Anhänger fühlten das Nachtheilige, was für ihre Philoſophie aus Galiläis Lehren folgte, und da es im 17ten Jahrhundert eben ſo ſchwer war, wie im 18ten, den Philoſophen von der Philoſophie zu trennen, ſo verfolgten ſie beyde. *Baliani*, einer der erſten Geometer der damaligen Zeit, war gegen das Galiläiſche Geſetz von der Beſchleunigung des Falls. Er trug es in ſeinem Buche, von der Bewegung, auf eine Weiſe vor, aus der man ſah, daſs er es völlig verſtanden hatte, und doch ſagte er zuletzt, daſs es nicht wahr ſey: und daſs die Geſchwindigkeiten ſich verhielten wie die

Räume. Dieſer *Baliani* glaubte auch, daſs ſich die Erde um den Mond bewege. *Riccioli* hat zwey Briefe, die *Baliani* hierüber an ihn geſchrieben, in ſeinem *Almageſt* abdrucken laſsen. — Der Satz: daſs ſich die Geſchwindigkeiten wie die Räume verhielten, war den Peripatetikern indeſs ſo erwünſcht, daſs ſie ihn den Satz des *Baliani* nannten, und ihn noch lange vertheidigten.

Verſuche von Riccioli.

Toricelli hatte das Galiläiſche Geſetz mit all der geometriſchen Eleganz bewieſen, deren der Beweis fähig iſt. Es war nun weiter nichts übrig, um ſein Anſehen zu entſcheiden, als genaue Verſuche über den ſenkrechten Fall.

Dieſe Verſuche machten *Riccioli*, *Grimaldi* und *Caſſiani* im Thurm *degli Aſinelli* in Bologna ums Jahr 1640. *Riccioli* hatte ſchon frühere Verſuche gemacht, um aus den Wirkungen die Geſchwindigkeiten herzuleiten. Er lieſs nämlich Kugeln von verſchiedenen Höhen auf eine Wage fallen, und bemerkte die Gewichte, die ſie an dem andern Ende zu heben vermochten. Er glaubte hieraus ſchlieſsen zu müſsen, daſs ſich die Fallräume verhielten, wie die Zahlen 1, 3, 9, 27, ... Er hatte damals die Geſpräche von Galiläi noch nicht geleſen, weil ſie von der Congregation der Cardinäle verboten waren. Als er nachher von ſeinen Obern die Erlaubniſs erhielt, ſie zu leſen: ſo fand er, daſs Galiläi lehre: daſs ſich die Fallräume zu den Zeiten verhielten, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9. *Riccioli*

traute dieſen Zahlen nicht, vorzüglich weil Galiläi geſagt: daſs eine Kugel von 100 Pfund in 5 Sekunden durch 100 Ellen falle, da er aus ſeinen frühern Verſuchen wuſste, daſs ſie hiezu weit weniger Zeit gebrauche. Dann war es ihm auch auffallend, daſs *Galiläi* den Thurm nicht nannte, wo er dieſe Verſuche gemacht habe, und endlich daſs er ſich dabey ſo ungeheuer ſchwerer Kugeln bedient habe. Vom Jahr 1640 bis 1650 legte ſich nun *Riccioli* vorzüglich darauf, die Fallzeiten genau zu beſtimmen, — theils um *Galiläi* zu widerlegen, theils um vielleicht ſelbſt das wahre Geſetz des Falls zu finden.

Er ſtellte dieſe Verſuche auf dem Thurm *degli Aſinelli* an, doch gebrauchte er auch hiezu noch andere Thürme in *Bologna*, deren Fenſter gerade eine ſolche Höhe hatten, die zu ſeinen Verſuchen paſste.

In St. Franziskus hatte er eine Fallhöhe von				150	röm. Fuſs.
In St. Jacob	—	—	—	189	—
In St. Petronii		—	—	200	—
In St. Petri	—	—	—	208	—
und in degli Aſſinelli war die gröſste				280	—

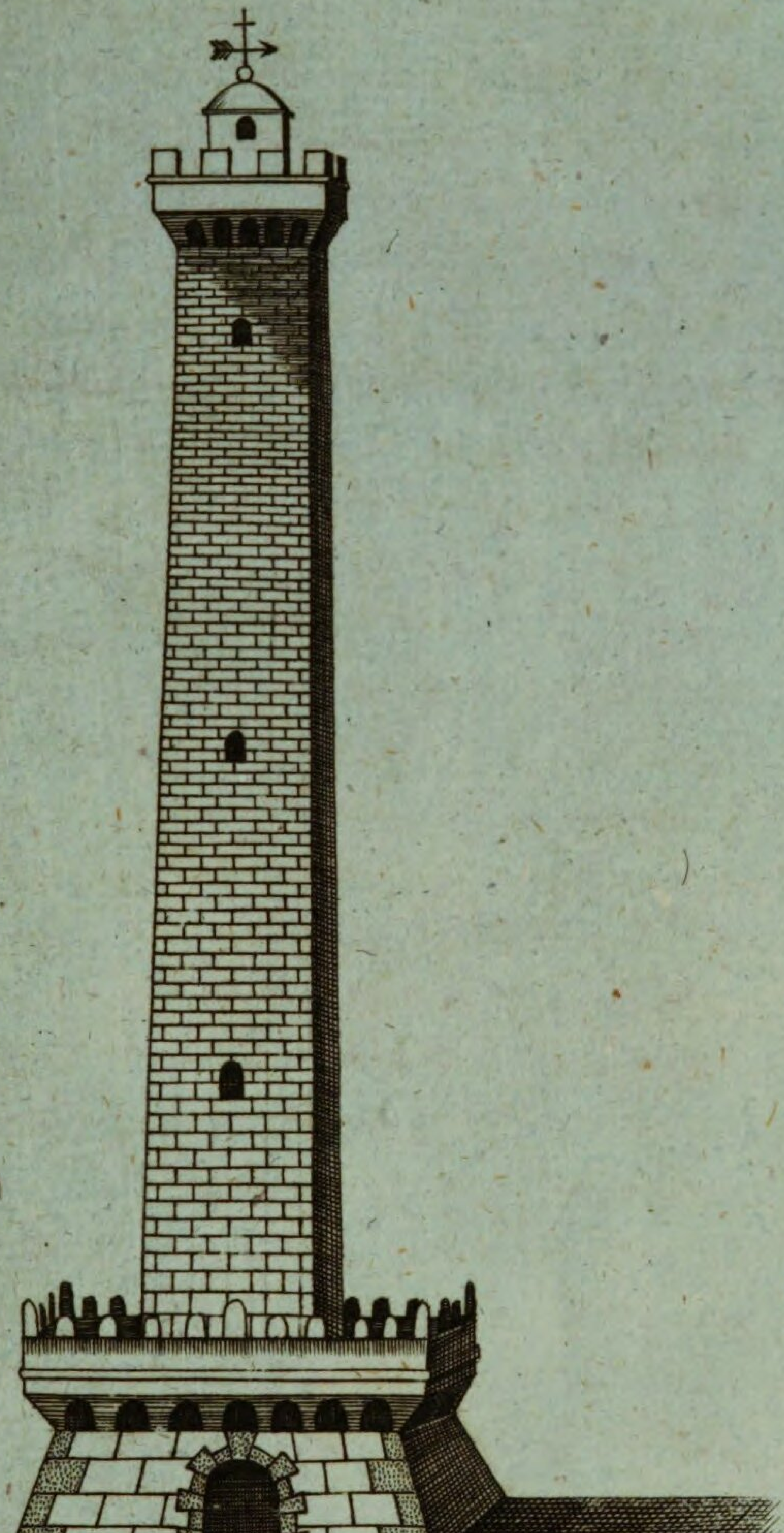
Da er ſeine Kugeln auswendig am Thurm herunter fallen lieſs, ſo war ihm der Thurm *Aſinelli* vorzüglich bequem, weil dieſer unten eine Befriedigung hat. Er konnte daher die Kugeln ohne Gefahr der Vorübergehenden fallen laſsen. Er erzählt dieſe Verſuche im 4ten Buche ſeines *Almageſt*, im 4ten Abſchnitt im 5ten Kapitel, wo er zugleich eine Abbildung des merkwürdigen Thurmes *Aſinelli* gibt. Ich

habe diese Abbildung, auf den Maasstab des Michaelisthurms reducirt, in Kupfer stechen lassen. Der Thurm ist von gothischer Bauart. Er ruht auf einem Cubus von Quadern, auf den die fallende Kugeln aufschlugen. Diese liessen sie oben bey den Einschnitten der Krone los, wo dann ihre Fallhöhe 280 römische oder 256 pariser Fuss war. Die ganze Höhe des Thurms, vom Pflaster der Strasse bis zu Ende des Kreuzes, ist 330 pariser Fuss. —

Zum Zeitmaass gebrauchten sie ein kleines Pendel, dessen Länge vom Aufhängepunkt bis zum Mittelpunkt der Kugel $1\frac{15}{100}$ Zoll des altrömischen Fusses war. Es machte 6 Schwingungen in einer Sekunde Sternenzeit, eine Schwingung hatte also 10 Tertien; ob es genau nach Sternenzeit gehe, das untersuchte *Riccioli* durch Stern-Culminationen. Bey den kleinen Schwingungen war das Zählen sehr schwer; doch hatten es *Riccioli*, *Grimaldi* und *Cassiani* durch Uebung so weit gebracht, dass, wenn jeder für sich aufschrieb, sie doch nie eine ganze Schwingung von einander abwichen.

Die Kugeln, deren sie sich hiebey bedienten, waren von Thon. Sie wogen 8 Unzen. *Grimaldus* und *Cassianus* standen oben, und *Riccioli* unten; sie hatten zwey Pendel, an denen jeder für sich die Schwingungen aufschrieb, die dann nie um eine ganze Schwingung von einander abwichen. *Et sane mirabile dictu est*, sagt *Riccioli*, *quamvis iteratis experimentis nunquam discrimen inter nos fuisse unius integrae vibratiunculae. Quod scio vix creditum iri a quibusdam, et tamen verissime ita fuisse testor, et attesta-*

zu Seite 84 Taf. III



Der Thurm Asinelli in Bologna

buntur ſemper praedicti patres e ſocietate noſtra. Man ſieht hieraus, daſs *Riccioli* und ſeine Gefährten ſchon eine Genauigkeit im Beobachten eingeführt hatten, welche keiner der ſpätern Beobachter in Lyon, Paris und London erreichte. *Riccioli* führt nicht an, wie ſie einander das Loslaſſen der Kugeln ſignaliſirt haben.

Die Reſultate ihrer Unterſuchungen waren folgende:

Fallzeit.	Gemeſſene Höhe.	Berechnete Höhe nach *Galiläi.*	Unterſchied.
50‴	10 röm. Fuſs	—	—
100	40	40	0
150	90	90	0
200	160	169	0
250	250	250	0
260	280	280	0

Da dieſe Verſuche völlig mit dem Galiläiſchen Geſetz übereinſtimmten, ſo beſchloſſen ſie, eine neue Reihe zu machen, in die ſie ganz andere Zeiten nahmen. Aber auch hier fanden ſie wieder eine völlige Uebereinſtimmung:

1Sek.	15	—	—
2	60	60	0
3	135	135	0
4	240	240	0
$4\frac{1}{3}$	280	280	0

Eine dritte Reihe Verſuche gab folgende Reſultate:

1″, 5‴	18	18	0
2″, 10‴	72	72	0
3″, 15‴	162	162	0
4″, 20‴	280	280	0

Als *Riccioli* auf diese Weise die Richtigkeit des Galiläischen Gesetzes bestätigt hatte, so ging er und *Grimaldi* zum Professor *Cavaseri*, einem Schüler von Galiläi, den Chiragra und Podagra abgehalten hatte, diesen Versuchen beyzuwohnen, und erzählten ihm, daſs ihre Versuche mit dem Galiläischen Gesetz vollkommen übereinstimmten. *Incredibile autem dictu est, quantopere ex nostra contestatione fuerit exhilaratus.* Dieser Zug macht dem Charakter des *Riccioli* Ehre. Er war sonst eben kein Freund von Galiläi; und wie es scheint, aus Ueberzeugung, weil er ihn für einen Irrgläubigen hielt. Sonst hatte *Riccioli*, der Jesuit des 17ten Jahrhunderts, in verschiedenen Stücken vielleicht aufgeklärtere Begriffe, als mancher Theolog des 19ten es glaubt. Als er im 3ten Capitel des Almagest die Unwahrheit des Copernikanischen Systems aus der Bibel beweist, da ist die Major in seinem Syllagismo folgende: Was in einem canonischen Buche steht, muſs eigentlich verstanden werden, wenn es nicht einem andern Ausspruch der Bibel, oder den Lehren der Kirche, oder *der Vernunft widerspricht*. (Cum propositione aliqua naturali lumini certa et evidente). „Das ist es gerade, sagte einmal jemand von einem protestantischen Katheder, — das ist es gerade, was die Göttlichkeit eines Satzes beweist, daſs ihn die Vernunft nicht begreift." —

Bemerkungen über Ricciolis Versuche.

Ich habe schon vorher auf die Genauigkeit und auf die Uebung aufmerksam gemacht, welche sich diese Bolognesischen Physiker im Beobachten erworben hat-

ten. Die, welche auf diese Weise kleine Zeiten gemessen haben, wissen es, dass es keine Kleinigkeit ist, 6 Schläge in der Sekunde zu zählen. Die grosse Uebung und Aufmerksamkeit, welche solche Beobachtungen fordern, scheinen die Ursache gewesen zu seyn, warum man späterhin wieder auf diese Genauigkeit Verzicht that.

Weil *Riccioli* nicht die Anzahl und nicht die einzelnen Beobachtungen anführt, und da seine Beobachtungen, ohnerachtet des Widerstandes der Luft, vollkommen genau mit dem Galiläischen Gesetz stimmen: so hat man sie verdächtig machen wollen. Aber ich glaube mit Unrecht; denn was den Widerstand der Luft betrifft, so ist dieser so klein, dass er bey den Fallhöhen, die *Riccioli* hatte, noch keine 10‴ ausmachte. — Er betrug also noch keine ganze Schwingung ihres kleinen Pendels; *Riccioli* kannte übrigens schon den Widerstand der Luft, und stellte auch Versuche darüber an; aber er glaubte nicht, dass er das Galiläische Gesetz ändern könnte. — Die vollkommene Uebereinstimmung zwischen der Erfahrung und der Theorie bey diesen Versuchen hatte darin ihren Grund, dass die Bolognesischen Physiker bey ihren Zeiten und bey ihren Fallhöhen runde Zahlen wählten. Sie scheinen diese nach dem Galiläischen Gesetz gewählt zu haben, um es vielleicht desto schneller und auffallender widerlegen zu können. Hätten sie willkührliche Höhen gewählt, so würden sie bey derselben Genauigkeit im Beobachten doch beträchtliche Abweichungen vom Gesetz gefunden haben, weil nun die Fehler der Beobachtungen nicht mehr von den runden Zahlen wären verdeckt

worden. *Riccioli* ſagt: „daſs er noch mehr Verſuche von ganz andern Fallhöhen gemacht habe. Da aber in dieſen Brüche vorkommen: ſo möchte es an den angeführten genug ſeyn." Ich vermuthe, daſs in dieſen, nicht angeführten Beobachtungen gerade der Brüche wegen ſich beträchtliche Abweichungen vom Geſetz gefunden haben, und daſs dieſes vielleicht eine der Urſachen war, warum ſie von *Riccioli* nicht angeführt werden.

Da ſein Pendel die Zeit nur bis auf 10 Tertien maſs, ſo machten dieſe

in der 1ſten Sek.	einen	Unterſchied	von	$2\frac{1}{2}$	Fuſs,
in der 2ten	—	—	—	10	—
in der 3ten	—	—	—	$22\frac{1}{2}$	—
in der 4ten	—	—	—	40	—

Sobald alſo die Abweichungen kleiner waren, wie die hier angegebenen: ſo machten ſie keine ganze Schwingung, und wurden nicht bemerkt.

Riccioli meint ſelbſt, daſs bey den höheren Stadien ein paar Fuſs mehr oder weniger ſeyn könnten, — weil dieſe keine ganze Schwingung betragen. Aber daſs die Abweichung ſo groſs, wie die oben angeführte ſeyn könne, das ſcheint er nicht berechnet zu haben.

Verſuche von Dechales.

Der gelehrte Jeſuit *Dechales* ſtellte um's Jahr 1670 im Jeſuiter-Collegio zu Lyon Verſuche über den Fall in einen Brunnen an, der 123 Fuſs tief war. Dieſe Verſuche ſtehen in ſeinem *Curſus mathematicus* pag. 275. Sie wurden mit einem halben Sekundenpendel angeſtellt, deſſen Länge ungefähr (circiter) 9 Zoll war,

Mit dem Steine wurde zugleich der Pendel losgelaſſen, und *Dechales* fand, daſs 3 Sek. darüber hingingen, ehe er den Schall hörte. Nach dem Galiläiſchen Geſetz fiel alſo die Kugel in der erſten halben Sekunde $3\frac{5}{12}$ Fuſs. Dieſer Verſuch wurde mehr als hundertmal angeſtellt.

Er ſuchte nun den Fallraum für die erſte halbe Sekunde unmittelbar zu beſtimmen. Er lieſs Fig. 3. Tab. VI. von $4\frac{1}{4}$ Fuſs Höhe eine Kugel in demſelben Augenblick fallen, in dem er einen Sekundenpendel von 3 Fuſs Länge losließs, und fand, daſs die Kugel des Pendels in demſelben Augenblick das aufrechtſtehende Brett P traf, in welchem die fallende das horizontale H berührte. Lieſs er die ſenkrechte Kugel von $4\frac{1}{2}$ Fuſs Höhe fallen, dann fand er ſchon einigen Unterſchied. Dieſe Verſuche wurden vielleicht 1000 mal wiederholt (forſitan millies repetita ſunt).

Dann machte er auch Verſuche mit einem Pendel von 12 Fuſs, und fand, daſs die ſenkrechte Kugel, während einer halben Schwingung, durch $16\frac{1}{2}$ Fuſs fiel. Ob das Pendel übrigens genau halbe Sekunden ſchlug, das war bey dieſen Verſuchen gleichgültig, da er nur wiſſen wollte, ob das Galiläiſche Geſetz richtig wäre. (Indeſs hätte die Pendellänge denn doch nicht circiter zu 9 Zoll müſſen beſtimmt werden).

Um nun Verſuche von verſchiedenen Fallhöhen zu machen, ſo erbaten ſich *Dechales* und ſeine Gehülfen von den Vätern Auguſtinern die Erlaubniſs, in ihren Brunnen einige Steine fallen zu laſſen (unum aut alterum lapidem in puteum demittere). Da *Dechales* nicht ſagt, wie groſs die Steine waren, die er in den Brun-

nen warf: ſo haben vielleicht die Väter Auguſtiner ein Verſchütten befürchtet, und deswegen nur die Erlaubniſs zu unum aut alterum lapidem ertheilt.

Nachdem nun *Dechales* ein paar Steine hatte fallen laſſen, ſo ſagte er, daſs der Brunnen 113 Fuſs tief wäre, welches ſo genau zutraf, daſs nicht ein Zoll fehlte. *Quod ſatis mirari non poterant, qui principium ignorabant, licet mirandum nullo modo fuerit.* Aber dieſe Genauigkeit könnte denn doch auch einer bewundern, dem das Principium, auf welchem es beruht, nicht unbekannt iſt; vorzüglich, da *Dechales* hinzuſetzt: *cum enim advertiſſemus, hoc ſpatium percurſum eſſe intra quinque tempora cum duobus trientibus alterius et paulo plus, non fuit difficile, longitudinem ejus aſſignare inter* 90 *et* 123 *ped.*

Aus allen ſeinen Verſuchen fand er nun folgende Reihe:

Fallzeit.	Gemeſſene Höhe.	Berechnete Höhe nach *Galiläi.*	Unterſchied.
30‴	4⅓	—	—
1″,—	16½	18	— 12
1″,30‴	36	38¼	— 2¼
2″,—	60	68	— 8
2″,30‴	90	106¼	— 16¼
3″,—	123	153	— 30

Da dieſe Verſuche ſo ſehr vom Galiläiſchen Geſetz abwichen, und da er ſie zugleich für ſo genau hielt, daſs er zweifelte, daſs noch genauere könnten angeſtellt werden. (*Non puto autem poſſe exactius experientias fieri, quam iſta facta ſunt*), ſo ſchloſs er hieraus, daſs dieſe Abweichung von der Theorie zum

Theil vom Wege des Schalls, zum Theil von den, aus dem Brunnen aufſteigenden Dünſten, und zum Theil von dem Widerſtand der Luft herrühre. Die Unterſuchungen, die er über letzteren anſtellte, gehören in den folgenden Abſchnitt. Sie beweiſen, daſs *Dechales* ein Mann von Kenntniſſen und Talenten war, der aber nicht das Talent zu beobachten hatte, welches *Riccioli* belaſs.

Dieſes ſind, ſo viel ich weiſs, alle Verſuche, die man über das Galiläiſche Geſetz mit dem ſenkrechten Fall angeſtellt hat. —

Verſuche in Hamburg.

Ich will nun noch die Verſuche anführen, welche ich hierüber in St. Michael mit der Tertienuhr gemacht habe. Es ſind dieſelben, auf denen die Beſtimmung des Widerſtandes beruht; nur iſt an ihnen die Berichtigung vom Fehler des Sinnes nicht angebracht, weil ich dieſe Berichtigung nicht anders finden konnte, als bey der Vorausſetzung, daſs das Galiläiſche Geſetz das wahre ſey. Um dieſen Zirkel zu vermeiden, haben ſie nur die Berichtigung vom Fehler der Uhr, von der Zeitgleichung und vom Schall. Eben ſo wenig ſind ſie von dem Einfluſs befreyt, den der Widerſtand der Luft macht, weil ſich auch dieſes nicht finden lieſs, ohne daſs man das Galiläiſche Geſetz als wahr vorausſetzt. Wegen des Widerſtandes und wegen des beſtändigen Fehlers des Sinnes müſſen deswegen die Verſuche beträchtlich von der Theorie abweichen, und zwar zu beyden Seiten, weil dieſe beyden Gröſsen ſich wechſelweiſe ſtören.

Im November d. J. 1801 machte ich ein paar vorläufige Verſuche über die Fallzeit von 328 Fuſs. Ich gebrauchte hiezu die Uhr von *Jeſſop*. Ich fand für dieſe Fallhöhe von 328 Fuſs 4″,54‴. Die Beobachtung iſt nur vom Schall befreyt, da ich für dieſe Uhr die beſtändigen Fehler nicht kannte. Die nachherigen Verſuche wurden im Sommer von 1802 angeſtellt. Ich werde alle einzeln bey der Lehre vom Widerſtand der Luft anführen.

Fallzeit.	Gemeſſene Fallhöhe.	Berechnete nach *Galiläi*.	Unterſchied.
51‴8	10 Fuſs.	—	— Fuſs.
1,20	24,8	24,2	— 0,6
2,12	67,7	62,5	— 5,2
3,10	144	135	— 9
4, 6	240	227	— 13
4,52	321	318	— 3
5, 6	340	351	+ 11

Oder in Dezimal-Sekunden.

1″	10 Fuſs.	— Fuſs.	— Fuſs
1″54‴	24,8	24,2	— 0,6
2″54‴	67,7	62,5	— 5,2
3″66‴	144	135	— 9
4″75‴	240	227	— 15
5″63‴	321	318	— 3
5″90‴	340	351	+ 11

Da man die Urſache dieſer Abweichung vom Geſetz kennt, ſo ſind ſie nicht befremdend. Aber wenn man ſie auch nicht kännte, ſo ſieht man doch, daſs ſich

diese Beobahtungen so nahe an's Gesetz halten, daſs nur dieses das wahre seyn kann. *Baliani* meynte, daſs sich die durchlaufenen Räume nicht wie 1, 3, 5, 7, 9, sondern wie 1, 2, 3, 4, 5 verhielten. Vergleicht man dieses Gesetz mit den Beobachtungen, so erhält man folgendes:

Fallzeit.	Gemessene Höhen.	Berechnete nach *Baliani.*	Unterschied.
51″8	10	—	—
1″,20,	24,8	23	18
2, 12,	67,7	45	22
3, 10	144	76	68
4, 6	240	117	123
4, 52	321	166	155
5, 6	340	217	123

Man sieht, daſs die Balianische Reihe so sehr von den Versuchen abweicht, daſs es für ihn nicht schwer hätte seyn können, den Irrthum derselben auf dem Schloſse von Savona zu entdecken. *Baliani* war nicht der erste, welcher diese Reihe für die richtige hielt; vor ihm hatte sie schon *Cabaeus* angegeben. Uebrigens hat sie das mit allen Reihen, deren Werthe kleiner sind, wie die der Galiläischen, gemein, daſs es immer eine Stelle in ihnen giebt, wo sie mit der Erfahrung zutreffen. Dieses ist da, wo der Widerstand der Luft den Fall beynahe gleichförmig gemacht hat. Da dieser Punkt für leichte Körper früher kommt, wie für schwere: so sieht man leicht, daſs *Baliani* eine solche Reihe von Versuchen hätte anstellen können, welche mit seiner Theorie gestimmt hätte.

Die Fallmaſchine von Atwot.

Seit *Huygens* die Lehre vom Pendel bearbeitet hatte, ſo waren alle Verſuche, um das Galiläiſche Geſetz zu beſtätigen, überflüſsig geworden. Eben ſo überflüſsig waren die, welche man anſtellte, um die Fallhöhe für die erſte Sekunde zu beſtimmen, — obſchon ſelbſt *Mariotte* und *la Hire* ſich noch gegen das Ende des 17ten und im Anfange des 18ten Jahrhunderts in Paris hiemit beſchäftigten, — da *Huygens* gelehrt hatte, wie man aus der Pendellänge eines Orts den Fall für die erſte Sekunde bis auf tauſend Theile eines Zolls finden könnte; eine Genauigkeit, welche man bey den ſchärfſten Verſuchen über den ſenkrechten Fall nicht erreichen konnte.

Obſchon die Wiſſenſchaft dieſer Verſuche jetzt nicht mehr bedarf, ſo bedarf ihrer doch die Experimental-Phyſik, — und da man den ſenkrechten Fall für zu ſchnell hielt: ſo wählte man, wie Galiläi, die ſchiefe Ebene, und lieſs Kugeln durch die Rille einer eingetheilten Latte laufen. An einer ſolchen Rille zeigte *Lichtenberg* in ſeinen Vorleſungen das Geſetz des Falls, wobey die Kugel, wenn ſie an's Ende des Stadiums kam, an ein kleines Glöckchen ſchlug. Wer aber nicht ſchon einige Uebung im Sekundenzählen und im Beobachten hatte, konnte bey dieſen Verſuchen nicht erkennen, ob die Kugel nach dem Galiläiſchen oder nach dem Balianiſchen Geſetz herunterrollte. Ich bin überzeugt, daſs von den 80 Zuhörern keine 3 waren, die die Richtigkeit des Galiläiſchen Geſetzes ſahen, und vielleicht keine 40 von denen, welche Phyſik ſahen, eigentlich wuſsten, wovon die Rede ſey.

Herr *Atwot* hat die ſinnreiche Idee gehabt, den ſenkrechten Fall und ſein Geſetz dem Auge dadurch anſchaulich zu machen, daſs er ihn durch eine Maſchine ſehr langſam machte. So fällt z. B. bey ihm der Körper in der 1ſten Sekunde durch 5 Zoll, in der 2ten durch 15 Zoll, und in der 3ten durch 25.

Er hat dieſe Langſamkeit des Falls dadurch erhalten, daſs er dem Körper ein Gegengewicht gab, welches er in ſeinem Fall heben muſs. Da dieſe Maſchine noch nicht ſehr bekannt iſt, ſo will ich ſie hier mit ein paar Worten beſchreiben. Ich habe ſie zuerſt im vorigen Sommer in Kiel im phyſikaliſchen Kabinet des Herrn Profeſſor *Pfaff* geſehen. — Ueber das mittelſte Rad (Fig. I. Tab. VII.) läuft eine ſeidene Schnur, an deren beyden Enden zwey Gewichte hangen, wovon das gröſsere an der Scale hinunterfällt. Die beyden andern Räder ſind Frixions-Räder für den vorderen Zapfen des kleinen Rades. Die für den hinteren Zapfen ſind nicht gezeichnet. — An der Seite iſt ein Sekundenpendel zum Zählen der Sekunde angebracht, welches in der Zeichnung weggelaſſen iſt.

Wenn beyde Gewichte gleich ſchwer ſind, ſo fallen ſie gar nicht. Iſt das an der Scale aber ein wenig ſchwerer, wie das andere, ſo fällt es langſam herunter, und zwar um ſo langſamer, je kleiner der Unterſchied der Gewichte gegen ihre Summe iſt.

Die Fallmaſchine in Kiel hat veränderliche Gewichte, ſo daſs man den Unterſchied nach Gefallen groſs und klein, und den Fall ſchnell und langſam machen konnte. Die Gewichte beſtehen aus kleinen, auf einander gelegten Meſſingſcheiben. Ein Theil derſelben

heiſst *eine Maſſe;* 8 dieſer Maſſen werden für die Reibung gerechnet. Die Scale iſt in Zolle eingetheilt. Am Ende des Stadiums für 1, 2 oder 3 Sekunden wird eine horizontale Meſſingplatte aufgeſchraubt, auf die das Gewicht mit dem Sekundenſchlage des Pendels aufſchlägt (in der Zeichnung bey 40). Der Beobachter hält einen meſſingenen Winkelhaken, auf dem das Gewicht ruht, an die Stelle der Scale, von wo es fallen ſoll; dieſen zieht er mit dem Sekundenſchlage weg, und giebt Acht, ob das Aufſchlagen des Gewichts mit einem der folgenden Sekundenſchläge zutrifft. —

Die Maſchine iſt in Paris gemacht, und koſtete, wenn ich nicht irre, 3 oder 400 Livres. Sie leiſtet alles, was man von ihr fordern konnte. Ich glaube indeſs, daſs ſich noch zwey Verbeſſerungen an dieſer Maſchine anbringen lieſsen. Die eine iſt: daſs man ſtatt des ganzen Sekundenpendels ein halbes gebrauchte. Bey dieſen Verſuchen läſst ſich die halbe Sekunde beſſer zählen, wie die ganze, und die Beobachtungen erhalten für die Fallhöhe der Maſchine, die nicht viel über 7 Fuſs iſt, mehr Mannichfaltigkeit. Dann glaube ich, daſs man unbeſchadet der Genauigkeit die Frixionsräder weglaſſen kann. Wenn das Rad, über welches die Schnur läuft, ziemlich groſs iſt und dünne Zapfen hat: ſo kann ſich bey den verſchiedenen Geſchwindigkeiten des Falls die Reibung nicht ſo viel ändern, daſs es einen merklichen Einfluſs auf den Verſuch hat. Wenn die Reibung dann auch ſtatt 8 Maſſen 30 beträgt, ſo macht dieſes nur eine kleine Aenderung in den Gewichten nöthig, und die Maſchine kann dann viel wohlfeiler gemacht werden. —

Sollte es indeſs nicht beſſer ſeyn, ſtatt das Galiläiſche Geſetz an einer Maſchine zu zeigen, — lieber unmittelbar Verſuche hierüber in Gegenwart der Zuhörer zu machen? — Auf jeder Univerſität ſind doch ein oder mehrere Kirchthürme, die ſich leicht zu dieſen Verſuchen einrichten laſſen; man mag nun die Kugeln auswendig aus den Fenſtern fallen laſſen, wie *Riccioli*, oder aber inwendig im Thurm durch einen Zimmermann eine ſenkrechte Linie ablöthen, und in dieſe Löcher in die Böden bohren laſſen, wo die Kugeln nachher frey hindurch fallen können.

Die Zimmerung in den Thürmen hat gewöhnlich eine gewiſse Regelmäſsigkeit, die es möglich macht, beym ſenkrechten Durchbrechen der Böden die Balken zu vermeiden. Läſst man in die Böden Löcher von ein einem halben Fuſs Durchmeſſer ſchneiden, ſo ſchlagen die Kugeln ſchon nicht mehr an den Seiten auf, auch wenn ſie nicht genau rund ſind. Eine Tertienuhr koſtet etwa 8 Louisd'or, iſt alſo wohlfeiler, wie die Atwotſche Fallmaſchiene, und kann auch zugleich zu noch anderen phyſikaliſchen Verſuchen gebraucht werden. Die Fertigkeit, mit einer Tertienuhr ſo genau zu beobachten, als hiezu nothwendig iſt, erwirbt man ſich leicht in einer Viertelſtunde.

Es iſt überhaupt für die Zuhörer der Phyſik gut, wenn die kleinen praktiſchen Arbeiten, an denen ſie Theil nehmen können (wie z. B. Barometermeſſen, Schallmeſſen u. dgl.), noch durch neue vermehrt werden. Dieſe Arbeiten befördern das Erwachen in ſich ſelber für phyſikaliſche Verſuche; ſie befördern das Tagen in der jungen Seele, die nun ihre Kräfte fühlt,

und einen Gegenſtand ſieht, an dem ſie ſich üben kann. Der Begriff des Buchſtabens wird lebendig und zur That, die in's Leben geht; ſie hört auf, bloſs paſſiv zu lernen, wie im vollendeten Felde der Mathematik, und fängt an, ſelbſt thätig zu arbeiten, und bereichert ihre eigene Kenntniſſe um ſo mehr, je mehr ſie glaubt, daſs durch ihre Arbeiten die Lücken in dem noch nicht vollendeten Felde der Phyſik ausgefüllt werden. — Dankbar erinnere ich mich hier an Lichtenbergs Hörſaal, an die Schallmeſſungen auf ſeinem Gartenhauſe, und an die Barometermeſſungen auf dem Heinberge. —

Dritter Abschnitt.

Geschichte der Versuche und der Theorieen über den Widerstand der Luft. *Galiläis* erste Idee, ihn zu bestimmen. Versuche hierüber von der Akademie del Cimento in Florenz. Versuche von *Claramontius*. Versuche von *Riccioli*. Versuche von *Dechales*. Versuche von *Mariotte* und *La Hire* auf der Pariser Sternwarte bey 166 Fuss Fallhöhe. *Neutons* Gesetz des Widerstandes. Versuche hierüber von *Hawksbee* in St. Paul bey 206 pariser Fuss Fallhöhe im Jahr 1710. Versuche von *Desaguliers* bey 255 pariser Fuss Fallhöhe im Jahr 1719. Versuche von *Bernoulli* und *Günther* in Petersburg mit geschossenen Kanonenkugeln im Jahr 1728. Versuche von *Robins* mit geschossenen Flintenkugeln im Jahr 1740. *Eulers* Formel des Widerstandes. Versuche von *d'Arcy* mit geschossenen Flintenkugeln im Jahr 1752. *Lamberts* Bemerkungen hierüber. Versuche von *Borda*. Versuche von *Hutton* mit geschossenen Kanonenkugeln in den Jahren 1775 bis 1785. — Aerostaten.

[illegible]

Gedanken des Verfassers [illegible] Widerstand der Luft. Gedanken [illegible] nimmer. Versuche [illegible] [illegible] Versuche von [illegible] lische von der [illegible] wards bey [illegible] Fallschirm [illegible] Widerstandes. Versuche [illegible] St. Paul [illegible] 1770. Versuche von [illegible] he im Jahr [illegible] Versuche von [illegible] rote in Petersburg [illegible] im Jahr [illegible] Versuche von Aubry [illegible] im Jahr 1784. [illegible] Versuche von Thayer [illegible] [illegible] im Jahr 1784. [illegible] Versuche von Kasda. Versuche von [illegible] den Jahren 1784 bis 1785. — Aerostaten.

Dritter Abſchnitt.

Geſchichte der Verſuche über das Geſetz des Widerſtandes der Luft.

Galiläi.

Der Erſte, welcher auf den Widerſtand der Luft aufmerkſam machte, war *Galiläi.* Er hielt ihn bey groſsen Geſchwindigkeiten für ſehr ſtark, und gab in ſeinen *Geſprächen* ein Mittel an, um dieſes zu unterſuchen. Man ſollte nämlich aus einer Höhe von 100 und mehreren Ellen eine Flintenkugel ſenkrecht auf eine Eiſenplatte ſchieſsen. Dieſe Kugel würde vermuthlich weniger flach werden, wie eine andere, die man aus einer Entfernung von ein paar Ellen gegen dieſelbe Eiſenplatte ſchöſse, obſchon die erſtere zu der Geſchwindigkeit, die ihr das Pulver ertheilte, auch noch die vom Fall erhielt.

Dieſen Verſuch ſtellten die Mitglieder der Academie del Cimento mit einer gezogenen Muskete (catapulta ſtriata) an, indem ſie die Kugel auf einen eiſernen Panzer ſchoſſen. Man fand, daſs die Kugel, welche aus einer groſsen Höhe heruntergeſchoſſen wurde, weniger verletzt war, wie die, welche aus einer kleinen kam.

Sequitur ex hoc experimento, setzt *Muschenbroek* hinzu, *Aerem propter suam resistentiam corpora celerrime mota magis retardare, quam a gravitate interea temporis accelerari possint. Idcirco corpora ex quiete delapsa per aerem, a viribus gravitatis non accelerabantur perpetuo, sed ad aliquem velocitatis gradum deducentur, qui maximus erit, et quem cum adeptuerint aequabili motu moveri pergent.*

2do. *Si metallicus globus ex quiete ceciderit per aerem, viribus gravitatis nunquam eam acquirit velocitatem, quacum ex catapulta striata justaque pyrii pulveris quantitate onerata propellitur. Muschenbroek* Tentamina II. pag. 117.

Claramontius.

Von *Claramontius* erzählt *Riccioli*, dass er im 28sten Cap. des 12ten Buchs *de universo* lehre, dass die Beschleunigung nicht beständig zunehme, sondern dass sie endlich einen Punkt erreiche, wo sie gleichförmig werde. Er schloss dieses aus Versuchen, die er mit Pendeln und mit Wasseruhren angestellt hatte. Die Linie AD war in drey gleiche Theile getheilt.



Von A bis D gebrauchte er nämlich 514 Theile Wasser. Von B bis D 451, und von C bis D 320 *Riccioli* führt alle diese frühern Meinungen und Versuche in seinem Almagest Lib. IX. Sect. IV. Cap. 16. an.

Uebrigens scheint *Claramontius* noch nicht gewusst zu haben, dass dieses Aufhören der Beschleunigung vom Widerstand der Luft herrühre.

Riccioli.

In den Jahren 1640, 45, 48 und 50 ſtellte *Riccioli* in Gegenwart mehrerer ſeiner Mitbrüder Verſuche über den Fall an. Er bemerkt von ihnen ausdrücklich, daſs ſie ſämmtlich *pii*, und in *theologicis*, *philoſophicis et mathematicis* wohl erfahren geweſen. — Er gebrauchte hiebey vorzüglich Thonkugeln, wovon die eine ſolid, und die andere hohl war. Er lieſs ſie von 280 röm. Fuſs fallen, und bemerkte unten den Abſtand der leichteren, wenn die ſchwerere aufſchlug. Bey zwölfjährigen Verſuchen fand er, daſs eine ſolide Thonkugel von 10 Zoll 3″,20‴ gebraucht, und eine hohle von 20 Zoll 4″,20‴. Dann führt er 21 Verſuche an, in denen er Kugeln von Thon, Bley, Holz und Wachs gebrauchte; bey dieſen bemerkte er den Abſtand der leichteren. Nachher ſtellte er noch etliche 50 Verſuche über die Fallzeiten ſchwerer Kugeln im Waſſer, und über die Aufſteigungszeiten leichter Kugeln in derſelben Flüſsigkeit an, und ſchloſs hieraus, daſs die Dichtigkeit des Waſſers zu der der Luft ſich entweder verhalte wie 59 : 24, oder auch vielleicht wie 6 : 1.

Uebrigens kannte *Riccioli* ſchon die Sätze, die darauf beruhen, daſs die Fallzeiten in widerſtehenden Mitteln abhängig ſind von den verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichten, und von den verſchiedenen Durchmeſſern. Er ſucht aber nicht das Geſetz des Widerſtandes zu beſtimmen, ſondern bemerkt nur, daſs im Waſſer die Fallzeiten nicht nach dem Quadrat gehen.

Dechales.

Dechales war der Erſte, welcher das Geſetz des Widerſtands zu beſtimmen ſuchte. Seine Bemühungen

hierüber ſtehen pag. 276 in ſeinem *Curſus mathematicus*. Obſchon ich nirgend das Jahr habe finden können, in dem *Dechales* ſeine Verſuche anſtellte: ſo ſcheinen ſie mir doch früher gemacht zu ſeyn, wie die von *Mariotto* und *La Hire* im Pariſer Obſervatorio. *La Hire's* Art, die Fallzeiten für hie erſte Sekunde zu beobachten, iſt gerade dieſelbe, die *Dechales* gebrauchte; ob er ſie aber von *Dechales* habe, das ſagt er nicht.

Nach *Dechales* iſt der Widerſtand dem Wege proportional, den der Körper durchläuft. Findet man alſo, daſs ein Körper in der erſten Sekunde um den Raum $= a$ weniger gefallen iſt: ſo iſt ſeine Geſchwindigkeit am Ende des erſten Zeittheilchens um $2\,a$ geringer, als ſie ohne den Widerſtand ſeyn würde. Wegen der im zweyten Zeittheilchen aus der Stelle getriebenen Lufttheile wird der Körper auf's neue um $3\,a$ zurückgehalten, und die Geſchwindigkeit iſt um $8\,a$ vermindert. So iſt alſo, wenn der in der Luft fallende Körper in der erſten Sekunde um a zurückbleibt, für jede andere Zeit der Raum, um den er zurückbleibt, beſtimmbar.

Hieraus ergibt ſich die Regel: der Raum, um welchen der Körper in t Sekunden hinter einem im Vakuo fallenden zurückbleibt, ſey $= a\,t^2 + 2\,a\,(1 + 4 + 9 + + + (+ - 1)^2)$, wo a die Gröſse des Raums iſt, um welchen der Körper in der erſten Sekunde aufgehalten wird. Dieſe Rechnung hält *Dechales* für ſehr nahe richtig; nur glaubt er, ſie bedürfe deswegen noch einer kleinen Verbeſſerung, weil die Annahme, daſs die Summe ſich verhielte, wie 1, 3, 5, 7 ..., nicht

völlig richtig wäre, weil die Körper nicht im Leeren ſielen. Wird der Körper durch den Widerſtand retardirt, ſo iſt in der dritten Sekunde ſein Weg nicht 5, ſondern etwa 4,4, und der Widerſtand iſt in eben dem Maſse geringer. Die Verbeſſerungs-Tabelle, die er hieraus ableitet, iſt für uns unwichtig, obſchon ſie ihm ſehr mit den Verſuchen übereinzuſtimmen ſcheint.

Aus dieſen Betrachtungen ſah *Dechales* leicht, daſs die Geſchwindigkeit fallender Körper ſich einer endlichen Grenze nähere, und daſs alſo die Beſchleunigung des Falls endlich aufhören müſſe. Auch ſchien dieſes ſchon aus ſeinen Verſuchen zu folgen.

In der 14ten Propos. ſucht er nun, eine eben ſo bequeme Regel für das Geſetz des Widerſtandes zu finden, wie *Galiläi* eine für den Fall gefunden hatte. Die Scale der Geſchwindigkeiten war bey *Galiläi* eine gerade Linie. *Dechales* verſucht, ob ſie nicht der Quadrant eines Kreiſes ſeyn könnte, und findet: daſs, wenn man Abſciſſen, vom Ende des Durchmeſſers an gerechnet, für die Zeittheile abſchneidet, daſs dann die ſenkrechten Ordinaten die Geſchwindigkeiten, der Erfahrung gemäſs, ausdrücken. Die Ordinate, welche durch den Mittelpunkt geht, drückt dann die gröſste Geſchwindigkeit aus, bey der die Beſchleunigung aufhört. Dieſe Conſtruktion, ſagt *Dechales*, ſtimme zwar nicht vollkommen mit den Verſuchen überein, aber um ein paar Fuſs könnten auch die Beobachtungen fehlerhaft ſeyn.

Daſs übrigens dieſe Conſtruktion irrig ſey, bedarf kaum einer Erwähnung: denn eine völlig conſtante Geſchwindigkeit tritt nie ein. Pr. 17. bemerkt *Decha-*

les, daſs es erſt bey beträchtlichen Höhen merkbar würde, daſs Körper, welche leichter ſind, auch langſamer fallen. Es war daher lächerlich, daſs der Pater *Ariaga* behauptete, daſs die Körper alle gleich ſchnell fielen, weil er bey einer ganz geringen Höhe fand, daſs eine Brodrinde und eine Schreibfeder zu gleicher Zeit den Boden berührten.

(Lächerlich war dieſes von *Ariaga* nun eben nicht, denn er führte es gegen *Ariſtoteles* an, daſs ſich die Fallgeſchwindigkeiten durchaus verhielten, wie die Gewichte. Uebrigens war dieſer *Ariaga* vermuthlich nicht *è ſocietate Jeſu.*)

Prop. 19 und 20. Specifiſch leichtere Körper gelangen ſchneller zu der gröſsten Geſchwindigkeit, welche ſie erlangen können. So tritt dieſer Zuſtand der unbeſchleunigten Bewegung auch bey dem Fall in dichtern Mitteln früher ein, als in dünnern. Kleinere Körper derſelben Art gelangen früher zu dieſer gleichförmigen Bewegung, wie gröſsere u. ſ. w.

Verſuche von Mariotte in der Pariser Sternwarte um's Jahr 1670.

Zu dieſen Verſuchen wählte *Mariotte* die hohle Spindel der Wendeltreppe, durch deren Mitte die Kugeln einen freyen Fall von 168 Fuſs haben. In jeder Etage iſt eine runde Oeffnung von 3 Fuſs Durchmeſſer *).

*) Dieſes iſt dieſelbe Oeffnung, von der die Sage geht, daſs man in ihr die Sterne bey Tage ſehen könne. Daſs dieſes nur eine Sage iſt, ſieht man aus *La Landes* Aſtronomie in der Vorrede, und aus der monatlichen Correſpondenz des Herrn von *Zach.*

Die Fallhöhe, welche *Mariotte* gebrauchte, war 166½ Fuſs. Er hielt bey dieſen Verſuchen die Linſe eines halben Sekundenpendels zwiſchen dem Daumen und dem Zeigefinger, und die Kugel, welche fallen ſollte, zwiſchen demſelben Daumen und dem Mittelfinger. So wie er die Hand öffnete, fiel die Kugel und das Pendel zu gleicher Zeit. Unten fiel die Kugel auf ein Brett, welches einen halben Fuſs vom Boden entfernt war. Bey mehreren Verſuchen die er mit Bleykugeln von 6 Linien Durchmeſſer anſtellte, fand er die Fallzeit im Mittel zu $3\frac{3}{4}$ Sek. Nach Abzug des Schalls, den er zu 1080 Fuſs in 1 Sek. rechnete, blieb für die Fallzeit ungefähr $3\frac{8}{13}$ Sek. Das Quadrat davon iſt $13\frac{1}{14}$, dieſes mit 15 Fuſs multipl. gibt $196\frac{1}{14}$ Fuſs. Den Widerſtand der Luft findet er $13\frac{1}{14}$ mal $2\frac{4}{13} = 30\frac{1}{6}$ Fuſs. Dieſes von der vorigen Zahl abgezogen, bleibt $165\frac{7}{8}$ Fuſs. Der Unterſchied zwiſchen der Theorie und Erfahrung beträgt demnach noch keine 8 *Zoll*. (Dieſe auffallende Uebereinſtimmung ſollte einen faſt auf die Vermuthung bringen, daſs *la Hire* recht hätte, wenn er ſagt, daſs *Mariotte* ſeine Verſuche etwas nach ſeiner Regel eingerichtet hätte, (*il a ſes experiments peutêtre un peu accomodées à ſa regle.*) Eigentlich hätte *la Hire* dieſes beſtimmt wiſsen müſsen, da er dieſen Verſuchen beygewohnt hatte.

Die Regel, nach der er den Widerſtand berechnete, iſt folgende: *Mariotte* hatte gefunden, daſs eine Bleykugel von 6 Linien Durchmeſſer, nur durch 14 Fuſs in 1 Sek. falle. Verliert nun eine Kugel von dieſer Gröſse und Materie von 15 Fuſs e i n e n : ſo

wird ſie bey gleichförmiger Geſchwindigkeit, von 30 zwey, von 60 vier verlieren. Aber der Fall geſchieht mit beſchleunigter Geſchwindigkeit, und der Widerſtand wird hiedurch bey groſsen Höhen viel gröſser. Geſetzt eine Bleykugel fällt 5 Sek., ſo ſollte ihr Weg = 15.25 = 375 F. ſeyn. Hievon hätte ſie, wenn die Bewegung nicht beſchleunigt wäre, nur 25 Fuſs verlohren. Aber die mittlere Geſchwindigkeit innerhalb der 4 letzten Sekunden verhält ſich zu der am Ende der erſten erlangten Geſchwindigkeit wie 3 : 1. Man muſs alſo wegen der Zunahme der Geſchwindigkeit den Abzug auf 3.25 = 75 Fuſs ſetzen, und ſo findet man die wahre Fallhöhe — 300 Fuſs, ſo wie ſie in *Mariottens* Tafel berechnet iſt. Aus dieſer Regel beſtimmt nun *Mariotte* die gröſstmögliche Geſchwindigkeit für dieſe Bleykugeln zu 140 Fuſs in der Sekunde. (Wie mangelhaft die Regel iſt: daſs die für den Widerſtand abzuziehende Höhe dem Fallraum und der mittleren Geſchwindigkeit proportional ſey, ſieht man aus folgendem. *Mariotte* nimmt ſelbſt da, wo ſich die Geſchwindigkeit ſchon ſehr dem conſtanten Zuſtande nähert, nicht auf dieſe Aenderung Rückſicht, ſondern berechnet die Werthe in ſeiner Tafel nach derjenigen Geſchwindigkeit, welche die Kugel im Leeren würde gehabt haben. Er nimmt alſo an: die Luft widerſtehe nach Verhältniſs einer Geſchwindigkeit, mit welcher die Kugel ſich wirklich n i c h t bewarf. Hätte *Mariotte* hierauf Rückſicht genommen, ſo würden ſeine Reſultate beträchtlich anders ausgefallen ſeyn.)

Kennt man die conſtante Geſchwindigkeit, welche eine Bleykugel im Fallen erreicht, ſo findet man, nach *Mariotte*, für andere Körper dieſe gröſste Fallgeſchwindigkeit, wenn man jene nach Verhältniſs der Quadratwurzel aus den ſpecifiſchen Schweren vermehrt oder vermindert. Hiernach berechnet er nun Tafeln für Bleykugeln, Wachskugeln und für Kugeln von Pantoffelholz und vergleicht ſeine Verſuche mit dieſen Tafeln. Um die Gröſse der conſtanten Geſchwindigkeit bey Kugeln von kleinerem oder gröſserem Durchmeſſer zu beſtimmen, bedient er ſich des Verhältniſses der Quadrat-Wurzeln aus den Durchmeſſern der Kugeln.

Nachher lieſs *Mariotte* im Erdſtock der Sternwarte Bleykugeln von 6 Linien von einer Höhe von $87\frac{1}{2}$ Fuſs fallen. Hiezu gebrauchten die Kugeln nach Abzug des Schalls $2\frac{7}{12}$ Sek. Nun iſt $6\frac{2}{3} \cdot 15 = 100$ F. Hievon abgezogen $6\frac{2}{3} \cdot 1\frac{19}{24} = 11\frac{17}{18}$ bleibt $88\frac{1}{18}$, ſtatt $87\frac{1}{2}$ Fuſs.

Er lieſs darauf eine wächſerne Kugel von 6 Linien, der ſo viel Sand zugeſetzt war, daſs ſie mit dem Waſſer gleiches ſpecifiſches Gewicht hatte, von einer Höhe von $126\frac{1}{2}$ Fuſs fallen. Sie gebrauchte hiezu nach Abzug des Schalls $4\frac{1}{11}$ Sek. Dieſe Kugel hätte nach der dritten Tafel einen Weg von 126 Fuſs machen müſsen, ſie machte aber $126\frac{1}{2}$. Dieſe Abweichung von 6 Zoll iſt unbedeutend (etwa $\frac{1}{2}$ Tertie.)

Dieſelbe Kugel gebrauchte von einer Höhe von 71 F. $2\frac{2}{3}$ Sek., übereinſtimmend mit der 3ten Tafel, in welcher *Mariotte* den Widerſtand für wächſerne Kugeln berechnet hatte.

Von derselben Höhe von 71 Fuſs lieſs er nun eine Korkkugel von 6 Linien Durchmesser fallen. Sie gebrauchte hiezu 4 Sek. Nach der Tafel hätte sie in dieser Zeit 72 Fuſs durchlaufen müſsen.

Von derselben Höhe lieſs er ein Wachskugel von 8 Linien Durchmesser fallen. Sie gebrauchte hiezu nicht völlig $2\frac{1}{2}$ Sek. Nach der Tafel hätte sie in dieser Zeit $72\frac{1}{2}$ Fuſs durchlaufen müſsen. Alſo $1\frac{1}{2}$ Fuſs Unterschied.

Von derselben Höhe gebrauchte eine Korkkugel von 12 Linien $3\frac{1}{4}$ Sek. Sie hätte in dieser Zeit $71\frac{1}{2}$ Fuſs durchlaufen. Unterschied $\frac{1}{2}$ Fuſs. (Ungefähr $\frac{3}{4}$ Tertie.)

Nun führt *Mariotte* noch einige Versuche an, in denen er wie *Riccioli* Kugeln von verschiedenen Durchmessern und Materien zugleich fallen lieſs, und Acht gab, wie lange sie scheinbar zusammengingen und wie weit sie von einander entfernt waren, wenn die erste den Boden berührte. Er gebrauchte hiezu Gipskugeln, Kanonenkugeln und Kugeln von Wachs. Dann bemerkt er: daſs wenn eine Bleykugel von 32 Zoll von einer Höhe von 22000 Fuſs fiel, sie hiezu 40 Sekunden gebrauchen würden, und sie würde dann am Ende, wie der Schall, eine Geschwindigkeit von 1080 Fuſs in der Sekunde haben. Uebrigens bemerkt auch *Mariotte*, daſs es sehr schwer sey, die Fallzeit bis auf $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{10}$ Sek. genau zu beobachten. Da er nur einzelne Beobachtungen hatte, so konnten diese von einer völlig richtigen Theorie da, wo sie jetzt 8 Zoll verschieden sind, doch 12 Fuſs und drüber abweichen, und es ist merkwürdig, daſs *Mariottens* Beobachtun-

gen mit ſeiner fehlerhaften Theorie ſo äuſſerſt gut ſtimmen.

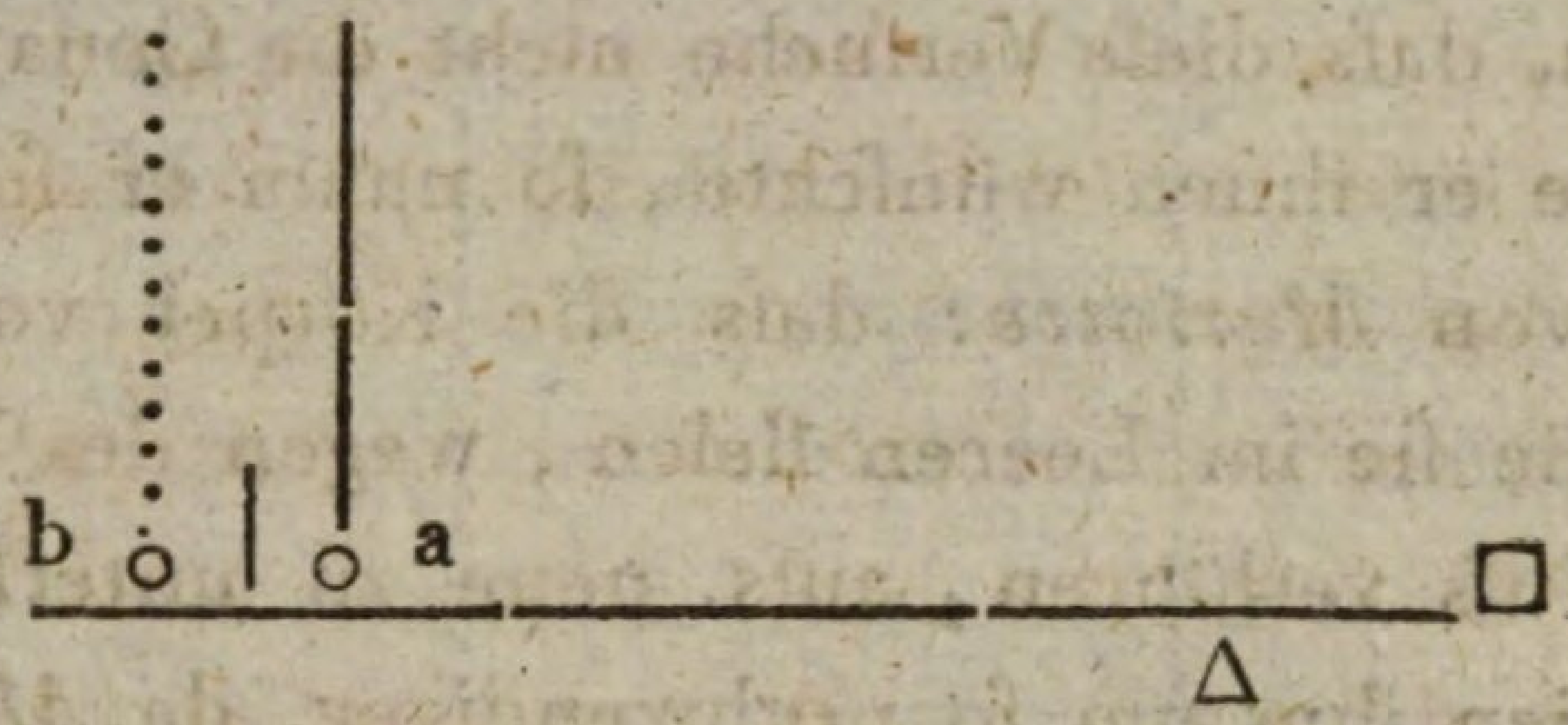
Die Abhandlung, in der dieſe Verſuche vorkommen, ſteht im 1ſten Bande ſeiner Schriften, und führt den Titel: *De la percuſſion ou choc des corps.*

La Hire.

La Hire war bey den Verſuchen, welche *Mariotte* auf der Sternwarte machte, gegenwärtig, und da es ihm ſchien, daſs dieſe Verſuche nicht die Genauigkeit hatten, die er ihnen wünſchte, ſo nahm er ſich vor, den Satz von *Mariotte:* daſs die Körper von den 15 Fuſs, die ſie im Leeren fielen, wegen des Widerſtands 1 Fuſs verlöhren, aufs neue zu unterſuchen. Dieſes ſchien ihm um ſo nothwendiger, da *Mariotte* nicht auf die verſchiedene Dichtigkeit Rückſicht genommen habe, welche zwiſchen der oberen und unteren Luft ſtatt findet: *La Hire* glaubt, daſs dieſer Unterſchied $\frac{1}{12}$ des ganzen Gewichts betrage. (Dieſes iſt für die 166 Fuſs Fallhöhe wohl zu viel, da der Barometerſtand zwiſchen Oben und Unten nur um 2 Linien, alſo nur um $\frac{1}{168}$ des Ganzen verſchieden iſt.) Unter dem Leeren verſteht *la Hire* nur den luftleeren Raum, ohne Rückſicht auf den Aether, der frey alle Körper durchdringt, und von dem es ſcheint, daſs er weiter keinen Einfluſs auf bewegte Körper habe.

Daſs der Widerſtand ſich verhalte wie das Quadrat der Geſchwindigkeit, leide keinen Zweifel. Aber nur für eine gegebene Geſchwindigkeit. Den Widerſtand wirklich zu beſtimmen, das könnte man nur durch genaue Verſuche.

Seine Art, die Verſuche zu machen, war folgende: *a* war ein Sekundenpendel, deſſen Schwingungspunkt 36 Zoll 8 ½ Linie vom Aufhängepunkt entfernt war. *b* war eine herunterfallende Kugel. Beyde wurden zugleich losgelaſsen, und wenn ihre Fallzeiten gleich waren, ſo müſste die Pendelkugel in demſelben Augenblick gegen das aufrechtſtehende Brettchen ſchlagen, in welchen die fallende gegen das horizontale ſchlug.



Schlug hingegen die Kugel des Pendels früher gegen das aufrechtſtehende Brettchen, ſo drehte ſich die Wage und die Kugel *b* fiel vorbey. Schlug aber dieſe früher auf, ſo drehte ſich die Wage auch, und die Pendelkugel ſchlug über das Brettchen weg.

So ſinnreich dieſe Methode ausgedacht war, ſo gab *la Hire* ſie doch bald auf, weil er fand, daſs ſelbſt bey Fallhöhen von nur 3 F. 4 Z. das Pendel früher anſchlug, wie die fallende Kugel, und weil er glaubte, daſs dieſer Fehler vom Widerſtand der Luft auf die untere Seite des Wagbalkens herrühre, welcher ihn verhindere, dem Druck gleich nachzugeben. (Dieſes konnte die wahre Urſache nicht ſeyn, weil umgekehrt aus demſelben Grunde eben ſo gut die fallende Kugel, wenn er ſie zu hoch, hing noch anſchlagen konnte, wenn auch der Pendel das ſenkrechte Brettchen einen Moment früher getrof-

ſen hatte. Wenn überhaupt ein Fehler aus dem Widerſtande der Luft auf die untere Seite des Wagbalkens entſtand, ſo war es kein conſtanter, wie *la Hire* zu glauben ſcheint, und er ſtörte das Mittel nicht, welches aus einer groſsen Reihe Verſuche genommen wurde).

Die Art, wie *la Hire* dieſe Verſuche anſtellte, war folgende: die fallende Kugel hing an einem Faden, den er oben über ein polirtes Eiſen gehen lieſs, und deſſen Ende er nebſt der Pendelkugel zwiſchen dem Daumen und dem Zeigefinger hielt. Oeffnete er nun die Hand, ſo fingen beyde Kugeln an zu fallen, abgerechnet die Reibung und das Gegengewicht des Fadens, den die fallende Kugel beſchleunigend heben muſs. *La Hire* ſagt zwar, man könnte den Fehler, der hiedurch entſtünde, vermeiden, wenn das Eiſen gut polirt wäre. *Et que ce filet ſoit placé presqu'a l'extremité du fil de fer; afin qu'il s'en degage auſſi-tôt qu'on le lache, et qu'il ne retarde pas le mouvement de la balle en coulant et frottant ſur ce fil de fer.* Wie dieſes zu machen, das iſt nicht leicht zu begreifen. Indeſs nimmt *la Hire* an, daſs dieſes keinen conſtanten Fehler macht. Er warf nun ſeine Wage weg, und hing ein doppeltes Secunden-Pendel, deſſen halbe Schwingung alſo 1 Sek. betrug, an eine Wand auf. An dieſelbe Wand hing er eine Kugel auf einer Höhe von 14 Fuſs ſo auf, daſs ſie bey ihrem Fall die halbe Schwingung des Sekundenpendels ſchneiden muſste. Waren nun die Fallzeiten gleich, ſo trafen ſich beyde Kugeln. *La Hire* verſichert nun, daſs bey öfterem Wiederholen die beyden Kugeln

ſich jedesmal getroffen hätten, wenn die fallende 14 Fuſs hoch gehangen habe. Uebrigens ging bey dieſen Verſuchen, eben ſo wie bey den vorigen, der Faden der fallenden Kugel über ein polirtes Eiſen. Das Barometer ſtand auf 27 Zoll 9 Linien.

Dieſe Verſuche ſtimmten mit denen von *Mariotte* völlig überein, obſchon ſeine Kugeln 6 Linien im Durchmeſſer hatten und die von *la Hire* 9 Linien.

La Hire nimmt nun an, daſs der Körper im leeren Raume $14\frac{2}{3}$ Fuſs fallen würde, und daſs der Widerſtand ſich verhalte, wie die Cubi der Zeiten. Wenn er alſo in der erſten Sekunde $\frac{2}{3}$ Fuſs iſt, ſo iſt er in der zweiten $8 \cdot \frac{2}{3} = 5\frac{1}{3}$ Fuſs. Hiernach berechnet er nun folgende Tafel, wo in der erſten Columne die Zeiten, in der zweiten die berechneten Fallhöhen, und in der dritten die Verſuche von *Mariotte* ſind: „*comme M. Mariotte les a fait imprimer, et peut-être un peu accomodées à ſa regle.*"

Sek.		Theorie		Verſuche.
1	—	14	—	14
2	—	$53\frac{1}{3}$	—	54
3	—	114	—	117
4	—	192	—	200

Dieſe Unterſchiede hält *la Hire* für ſo unbedeutend klein, daſs er glaubt, man könne dieſe Regel als die wahre anſehen, vorzüglich da ſich die Beobachtungen nicht bis auf einige Tertien genau machen lieſsen (aber da dieſer Verſuche ſo wenige ſind, und da dieſe noch dazu nicht ſehr genau ſind, ſo lieſsen ſich der Regeln gewiſs viele finden, die mit

diesen Versuchen übereinstimmten. Die Versuche über das Neutonsche Gesetz des Widerstands scheint man zu der Zeit in Paris noch nicht gekannt zu haben, obschon es damals schon über 4 Jahre war, dass sie in St. Paul angestellt waren. *La Hire* schliesst seine Abhandlung mit folgenden Worten: *Enfin les Observations que j'ai rapportées ici, pourront servir à ceux qui ont travaille sur cette matière, pour voir si leurs hypotheses s'accordent avec ceux que nous avons trouvé pour les hauteurs que nous avions.* — Aber die, welche über den Widerstand arbeiten, werden vermuthlich lieber selber Beobachtungen anstellen, als ihre Theorieen mit solchen vergleichen, die nicht sehr genau sind, und von denen es noch zweifelhaft ist, ob sie so sind bekannt gemacht worden, wie sie angestellt sind. Die Abhandlung von *la Hire* steht in der *Histoire de l'Academie pour* 1714. pag. 333. Ihre Ueberschrift ist: *Rémarques sur la Chûte des Corps dans l'Air.*

Neutons Gesetz des Widerstands.

Versuche von Hawksbee.

Da ein Körper, der sich dreymal so schnell bewegt, als ein anderer, nicht allein dreymal so viele Luft- oder Wassertheile aus der Stelle treiben, sondern ihnen auch eine dreymal grössere Geschwindigkeit mittheilen muss: so war es wahrscheinlich, dass der Widerstand nach dem Quadrat der Geschwindigkeit gehe. *Neuton* entwickelt dieses Gesetz, im zweyten Buch seiner Prinzipien, mit grosser Allgemeinheit, und

liefs in St. Paul eine Reihe Verfuche anftellen, um es durch die Erfahrung zu prüfen. Diefe Verfuche wurden von *Hawksbee* im Jahr 1710 am 9. Junius gemacht, als das Thermometer auf 60°, und das Barometer auf 29,7 Zoll ftand. Diefe Verfuche ftehen in *Hawksbee Experim. Phyfico Mech.*, in *Mufchenbroek tentamina pag.* 118. und in *Princ. Philof. l. II. prop. XL. Schol.*

Die Fallhöhe bey diefen Verfuchen war 220 Londner Fufs. Es wurden hiebey zwey gläferne Kugeln gebraucht, wovon die eine voll Queckfilber war, und die andere leer. Sie lagen beyde auf einer hölzernen Tafel, die an der einen Seite in eifernen Zapfen ging, und die an der anderen einen hölzernen Riegel hatte. So wie der Riegel weggezogen wurde, fchlug die Tafel um, und ein eiferner Draht, der von oben in die Kirche ging, liefs unten ein Pendel los, welches Sekunden fchlug.

Die Durchmeffer der Kugeln, ihre Gewichte und ihre Fallzeiten enthält folgende Tafel:

Queckfilber-Kugeln.			Leere Kugeln.		
Gran.	Durchm.	Fallz.	Gran.	Durchm.	Fallz.
908	0,8 Z.	4″	510	5,1 Z.	8″½
983	0,8	4	642	5,2	8
866	0,8	4	599	5,1	8
747	0,75	4	515	5,0	8¼
808	0,75	4	483	5,0	8½
784	0,75	4	641	5,2	8

Man glaubte, daſs man von dieſen Fallzeiten noch ungefähr 18 Tertien abziehen müſse, weil die Tafel beym Zurückziehen des Riegels noch eine kleine Zeit gebrauchte, ehe ſie völlig umſchlug. Die Kugeln lagen auf ihr in der Mitte. Die nach dem Geſetz des Widerſtands aus den Fallzeiten der leeren Kugeln berechneten Höhen weichen nur wenig von der Meſſung ab. Dieſe gab 220 Fuſs.

Kugel.	Fallzeit.	Berechnete Höhe.
1	8″,12‴	226,9 F.
2	7,42	230,7
3	7,42	227,8
4	7,57	224,4
5	8,12	225,4
6	7,42	230,6

Dieſe Verſuche ſtimmten mit dem Neutonſchen Geſetz ſehr gut überein, obſchon das Abziehen der 18 Tertien etwas willkührlich ſcheinen kann.

Verſuche von Deſaguliers im Jahr 1719.

Dieſe Verſuche ſtellte *Deſaguliers* mit 12 Kugeln an, wovon 6 ſolide Bleykugeln von 2 Zoll, 3 hohle Glaskugeln von 5 Zoll, und 3 hohle Pappkugeln, auch von 5 Zoll Durchmeſſer, waren. Dieſe Kugeln fielen von der oberſten Galerie in der Laterne der Kuppel der St. Paulskirche von einer Höhe von 272 londner Fuſs (255 pariſer).

Die Bleykugeln gebrauchten $4\frac{1}{2}$ Sekunden.

Die Glaskugeln	—	6″	—
Die Pappkugeln	—	6½	—

Die Zeitbestimmung wurde oben von *Desaguliers* an einer halben Sekundenuhr von *Graham* gemacht, welche die Genauigkeit von ¼ Sek. gab. Unten beobachtete der Präsident *M. Folkes* die Unterschiede zwischen den Bley- und Glaskugeln, auch an einem halben Sekundenpendel.

Nach *Galiläi*, den Fall zu 16 Fuſs in der 1sten Sek. gerechnet, müſste die Kugel in 4½ Sek. durch 324 Fuſs fallen. Wegen des Wegs vom Schall wurde ¼ Sek. abgezogen. In der letzten Viertel Sek. fiel die Kugel 35 Fuſs. Alſo 324 — 35 = 289, und 289 — 272 = 17. Es kommen alſo 17 Fuſs auf den Widerſtand der Luft *).

Die gröſste gläſerne Kugel wäre im Leeren in 6 Sek. 576 Fuſs gefallen; hievon ¼ Sek. wegen des Schalls oder 47 Fuſs abgezogen, bleibt 529 Fuſs. Der Widerſtand war alſo 529 — 272 = 257 Fuſs.

Die Pappkugel wäre in 6½ Sek. im Leeren 676 Fuſs gefallen; hievon ¼ Sek. oder 51 Fuſs wegen des Schalls abgezogen, bleibt 625 Fuſs. Der Widerſtand war alſo

*) In *Gehlers* Wörterbuch Art. Widerſtand S. 734. iſt der Widerſtand für Bleykugeln durch einen Schreib- oder Druckfehler irrig zu 50 Fuſs angegeben worden. — Vielleicht liegt dabey ein Verſehen mit dem Schall zum Grunde; denn wenn man den nicht abrechnet, ſo kommen 51 Fuſs auf den Widerſtand.

Ich benutze dieſe Gelegenheit, um der Arbeiten des ſeligen *Gehlers* dankbar zu erwähnen. — Man begreift es kaum, wie Ein Mann ſich aller Artikel der Phyſik ſo bemächtigen konnte, daſs es für ihn möglich war, ſie mit dieſer Leichtigkeit und Klarheit wieder darzuſtellen.

625 — 272 = 353 Fuſs. Die Glaskugeln wogen 5 Unzen Troy-Gewicht, und die Pappkugeln 2 Unzen. Die Bleykugeln ſielen alle innerhalb eines Fuſses von einander, und machten Eindrücke in die unten gelegten Bretter von $\frac{2}{3}$ Zoll. Das Barometer ſtand auf 30,1 Zoll, und war am Steigen. Der Stand des Thermometers iſt nicht angegeben.

Den 27ſten July deſſelben Jahrs ſtellte *Deſaguliers* Verſuche mit Schweinsblaſen an, weil Glas- und Pappkugeln noch zu ſchwer gegen die Luft waren, und deswegen noch zu ſchnell ſielen, da $\frac{1}{4}$ Sek. Fehler im Beobachten eine zu merkliche Gröſse gegen die Fallzeit von 6 Sek. war.

Er gebrauchte hiezu getrocknete Schweinsblaſen aus der Droguerey-Handlung, von denen er ſorgfältig alles Fett abſchälte. Er feuchtete ſie an, und blies ſie in einer hohlen Kugel auf, welche aus zwey Halbkugeln beſtand. Hiedurch erhielten ſie genau die Kugelform. In der Kugel waren mehrere kleine Löcher, durch welche die Luft, die ſich zwiſchen der Blaſe und dem Holze befand, heraustreten konnte. Um das Ankleben an dem inneren Rand der Kugel zu vermeiden, nahm er keine friſche Blaſen, ſondern getrocknete. Bey dieſen Experimenten waren Dr. *Halley*, Dr. *Jurin*, M. *Folkes* und *Graham*.

Sie lieſsen mit der Blaſe zugleich eine Bleykugel als Signal herunterfallen, weil man oben das Aufſchlagen der Blaſe nicht hören konnte.

Die Bleykugeln und die Blaſe hingen an einem Faden, der in X abgeſchnitten wurde (Fig. 6. Taf. VI.).

Folgende Tafel enthält die Ueberſicht aller Verſu-

che, nebst den Durchmessern der Kugeln, den Gewichten und den Fallzeiten.

Bleykugeln.

	Durchm.	Gewicht.	Fallzeit.
1	2,1 Zoll.	2 l. 1 onz $\frac{1}{2}$ d.	$4\frac{1}{2}$ Sek.
2	1,99	1 - 11 - 4	$4\frac{1}{2}$
3	2,0	1 - 11 - 12	$4\frac{1}{2}$
4	2,0	1 - 11 - 12	$4\frac{3}{4}$
5	2,0	1 - 11 - 11	$4\frac{3}{4}$
6	1,98	1 - 10 - 0	$4\frac{3}{4}$

Pappkugeln.

	Durchm.	Gewicht.	1ste Beob.	2te Beob.
A	5,5 Zoll.	3 onz 6 d	$6\frac{1}{2}$ Sek.	$6\frac{3}{4}$ Sek
B	5,1	1 - 14	$6\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{4}$
C	5,1	1 - 17	7	$6\frac{1}{2}$

Glaskugeln.

D	3,9	3 - $13\frac{1}{2}$	nicht beobachtet.	
E	5,42	5 - $3\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{4}$	—
F	5,55	6 - $9\frac{1}{2}$	6	—

Blasen.

A	5,3 Zoll.	128 Grain.	$19\frac{3}{8}$ Sek.	19 Sek.
B	5,19	156	$17\frac{1}{4}$	$18\frac{5}{8}$
C	5,33	$137\frac{1}{2}$	$18\frac{3}{4}$	$18\frac{3}{8}$
D	5,26	$97\frac{1}{2}$	$22\frac{1}{8}$	24
E	5,20	$99\frac{1}{8}$	$21\frac{5}{8}$	$21\frac{1}{4}$

Aus den letzten Verſuchen wurden nun mit dem Neutonſchen Geſetz des Widerſtands folgende Fallhöhen berechnet:

	Fallzeit.	Berechnete Höhe.	Unterſchied
A	19 Sek.	271 F. 11 Z.	1 Zoll.
B	17	272 - 10	10
C	$18\frac{1}{2}$	272 - 7	7
D	22	277 - 4	5 F. 4
E	$21\frac{1}{8}$	282 - 0	10 F.

Die Luft wurde bey dieſer Rechnung 860mal leichter, als das Waſſer angenommen. Dieſe Annahme iſt bey dem Barometerſtande in England wohl ein wenig zu groſs.

Verſuche von Bernoulli und Günther.

In den erſten Bänden der Commentarien der Petersburger Akademie der Wiſſenſchaften ſtehen einige Abhandlungen von *Bernoulli* über den Stoſs der flüſsigen Körper. In dieſen findet ſich (Tom. II. pag. 338.) eine Reihe Verſuche, welche *Günther* vor einigen Mitgliedern der Akademie mit ſenkrecht geſchoſſenen Kugeln anſtellte. Aus dieſen findet *Bernoulli* nach der Neutonſchen Theorie folgende Reſultate:

Die Kugel war von Eiſen, ihr Durchmeſſer 0,237 engl. Fuſs. Ihr ſpecifiſches Gewicht wurde zu 7650mal gröſser angenommen, wie das der Luft. Die Länge des Geſchützes war zuerſt 7,7 engl. Fuſs, nachher wurde 1,7 abgeſchnitten.

Pulver in Unzen.	Zeit des Auf- u. Niedersteigens.	Berechnete Höhe, auf welche die Kugel stieg.	Zeit des Aufsteigens.	Zeit des Niederfallens.	Höhe, bis zu welcher sie im Leeren gestiegen wäre.	Zeit, welche sie im Leeren zum Auf- und Niedersteigen gebraucht hätte.
½	11″	486 Fuſs.	5,″4	5,″6	541 Fuſs.	12 Sek.
2	34	4550	14, 4	19, 6	13694	58
4	45	7819	16, 8	28, 2	58750	121
			Geſchütz zu 6 Fuſs.			
½	8	257	3, 9	4, 1	274	8,″2
2	20,5	1665	9, 7	10, 8	2404	24, 5
4	28	3187	12, 5	15, 5	6604	40, 5
6	32,5	4304	13, 9	18, 6	11810	54, 3
8	38	5643	15, 5	22, 5	22394	74

Man ſieht hieraus den groſsen Einfluſs, welchen der Widerſtand der Luft hat. Obſchon die Luft 7000-mal leichter iſt, wie das Eiſen: ſo war ſie doch im Stande, einer Kugel, welche 45 Sek. in ihr ſteigt, $\frac{7}{8}$ ihrer Kraft zu benehmen.

Ueber die Richtigkeit der Theorie des Widerſtandes entſcheiden dieſe Verſuche indeſs nichts, weil die Kugel in ihrem höchſten Punkt nicht war beobachtet worden. — Um dieſes zu können, hätte man die Kugel des Nachts und leuchtend abſchieſsen müſsen. — Aber dieſes hat viele Schwierigkeiten, wozu bey Bogenſchüſsen von 45 Grad vorzüglich noch das Wiederfinden der Kugel gehört.

Vergleicht man die beyden erſten Verſuche mit einander, ſo findet die Kraft des Pulvers in ihnen, wie 13604 : 541 = 26 : 1, obſchon der Unterſchied der Pulvermenge nur wie 4 : 1 war. *Bernoulli* glaubt, daſs dieſes daher komme, daſs immer viel Pulver am Zündloch verloren gehe, und dieſes habe nun auf $\frac{1}{2}$ Unze einen verhältniſsmäſsig gröſseren Einfluſs, wie auf 4.

Folgende Verſuche wurden noch mit einem Mörſer gemacht, deſſen Seele = 1,05 engl. Fuſs, und deſſen Kugel = 1,01 engl. Fuſs Durchmeſſer hatte. Die Kugel wog 200 ℔. holländ.

Pulvermenge	℔. $\frac{1}{2}$	℔. 1	2	3	4	5	6
Zeit, welche die Kugel in der Luft zubrachte	3″	$7\frac{1}{2}$″	12″	$16\frac{1}{2}$″	20″	23″	25″

Verſuche von Robins mit geſchoſſenen Kugeln.

Durch die Verſuche in St. Paul war es entſchieden, daſs das Neutonſche Geſetz des Widerſtandes bey mittlern Geſchwindigkeiten mit der Erfahrung übereinſtimme: denn die kleinen Abweichungen, welche noch zwiſchen der Theorie und den Verſuchen ſtatt fanden, konnten ſehr gut auf Rechnung der unvermeidlichen Fehler der letzteren kommen. Ob es aber bey ſehr *ſchnellen* und bey ſehr *langſamen* Bewegungen eben ſo gut mit der Erfahrung übereinſtimme, das konnte wieder nur durch Verſuche entſchieden werden.

Ueber den Widerſtand bey langſamen Bewegungen ſtellte *Neuton* eine Reihe Verſuche mit dem Pendel an, in welchen er fand, daſs ſein Geſetz hier den Widerſtand beträchtlich kleiner angab, wie die Erfahrung Er ſchloſs aus dieſen Verſuchen, daſs der Widerſtand wenigſtens von zwey Gröſsen abhängig wäre, wovon nur die eine ſich verhalte, wie das Quadrat der Geſchwindigkeit. Für die andere konnte er das Geſetz nicht finden, und er ſah ſich genöthigt, dieſe Lehre zu verlaſſen, ohne ſie vollendet zu haben.

Der Engländer *Robins* verglich das Neutonſche Geſetz des Widerſtandes an der entgegengeſetzten Seite mit der Erfahrung. Er ſtellte nämlich Verſuche mit geſchoſſenen Kugeln an, die eine Geſchwindigkeit hatten, welche 1000mal gröſser war, wie die der fallenden Körper in St. Paul. Er ſchoſs, um die Geſchwindigkeiten der Kugeln zu beſtimmen, dieſe gegen den Schwingungspunkt eines Pendels, welches ſich um zwey Zapfen drehte. Aus der Höhe, auf welche das

Pendel gehoben wurde, berechnete er dann mit dem Gewichte der Kugel und dem des Pendels ihre Geſchwindigkeit.

Er zog dieſe Methode, die Geſchwindigkeit der Kugel zu finden, den beyden übrigen vor, wo die Geſchwindigkeit mit der Uhr gemeſſen wird, oder wo man ſie aus der Länge des Weges berechnet. — Die erſte Methode kann wegen des unvermeidlichen Fehlers der Zeitbeſtimmung eine Ungewiſsheit von 200 Fuſs und drüber in der Sekunde veranlaſſen. Die zweyte iſt noch unſicherer, weil man für dieſe Geſchwindigkeiten den Widerſtand der Luft nicht kennt. *Robins* glaubt, daſs man bey dieſer Methode oft Fehler machen könnte, welche auf $\frac{2}{10}$ des Ganzen gingen. Hingegen ſey ſeine Methode ſo ſicher, daſs bey einer Geſchwindigkeit von 1700 Fuſs in der Sekunde der Fehler nur $\frac{1}{500}$ des Ganzen betrage.

Was *Robins* hier über die Beſtimmung der Geſchwindigkeit der Kugeln ſagt, iſt noch jetzt wahr, obſchon wir mit unſeren Tertienuhren einzelne Tertien, und ſogar ihre Decimalen finden können. Wenn eine Kanonenkugel 5, 6 bis 10 Sek. fliegt, dann kann man ihre Dauer mit der Tertienuhr ſehr gut beſtimmen; aber wenn von der Geſchwindigkeit der Kugel in den erſten 25 Fuſs die Rede iſt, ſo iſt dieſes für Uhren völlig unmeſsbar. Die ganze Gröſse, welche gemeſſen werden ſoll, beträgt kaum eine Tertie, wo man ſich alſo leicht um die Hälfte des Ganzen irren kann. — Aus dem Wege der Kugel ihre Geſchwindigkeit zu berechnen, das iſt ſehr gewagt, da der Widerſtand der Luft hiebey als eine faſt völlig unbekannte Gröſse in

die Rechnung genommen wird. — Die Geſchwindigkeit der Kugel mit dem Pendel zu meſſen, iſt unſtreitig die beſte Art; und es macht *Robins* Ehre, etwas gefunden zu haben, von dem man ſich wundert, daſs nicht ſchon der ſcharfſinnige *Galiläi* es damals fand, als er die Verſuche mit heruntergeſchoſſenen Kugeln vorſchlug. — Daſs bey *Robins* die Ungewiſsheit oft gröſser war, wie $\frac{1}{500}$ des Ganzen, und daſs *d'Arcy* ſeine ſpätern Verſuche hierüber genauer waren, dieſes iſt für ihn kein Vorwurf, da er der Erſte war, der dieſe Verſuche machte. — Er machte dieſe Verſuche im Jahr 1740.

Der Körper des Pendels, welches *Robins* gebrauchte, war von Eiſen. Unten auf die Linſe wurde ein dickes Brett geſchraubt, gegen welches die Kugeln geſchoſſen wurden. Die Kugeln blieben im Brett ſtecken, wenn ſie nicht gerade auf die eiſerne Schrauben trafen, mit denen das Brett aufgeſchroben war. *Robins* bemerkt, man müſse dieſes vermeiden, weil die Kugeln ſonſt zurückflögen, und dadurch für den Beobachter gefährlich würden, und es keine Ehre brächte, bey phyſikaliſchen Verſuchen ſein Leben einzubüſsen. Zu dem hölzernen Brette empfiehlt *Robins* Weiſsbuchenholz. Das Gewicht des Pendels war 56 Pf. 3 Unzen. Der Schwerpunkt lag 52 Zoll von der Axe; hingegen der Schwingungspunkt $62\frac{2}{3}$ Zoll (da es 200 Schwingungen in 253 Sek. machte). Die Kugeln wogen $\frac{1}{12}$ Pf. oder $\frac{1}{505}$ vom Gewicht des Pendels.

Unten am Ende des Pendels war ein ſeidenes Band befeſtigt, welches durch eine Federzange leicht durchging. — Von der Zange wurde eine Nadel in's Band

gesteckt. Beym *Zurückgehen* des Pendels zog es das Band durch die Zange, wo dann die Entfernung der Nadel vom Bande die Sehne des Bogens angab, um den das Pendel zurückgewichen war. *D'Arcy* hat dieses Pendel mehr vervollkommnet; ich werde bey der Anzeige seiner Versuche zugleich eine Abbildung davon geben. Da das Robinssche grösstentheils damit übereinstimmt, so war es unnöthig, auch dieses stechen zu lassen. Aus dieser Sehne und dem Halbmesser fand nun *Robins* den Quersinus des Bogens, welches die senkrechte Höhe war, auf welche die Kugel den Schwingungspunkt gehoben hatte. Die Geschwindigkeit, die dazu gehört, um den Schwingungspunkt bis auf diese Höhe zu heben, ist der Geschwindigkeit gleich, die er haben würde, wenn er von dieser Höhe gefallen wäre. Wurde diese Geschwindigkeit mit der Masse des Pendels multiplicirt, die der Kugel = 1 gesetzt: so erhielt man die Geschwindigkeit, welche die Kugel gehabt hatte, als sie das Pendel traf. —

Bey einem Versuche wurde z. B. das Band $17\frac{1}{4}$ Zoll durchgezogen; seine Entfernung von der Axe war $71\frac{1}{8}$ Zoll. Da die Sehnen den Halbmessern proportional sind, so ist $71\frac{1}{8} : 66 = 17\frac{1}{4} : 16$. Der Quersinus des Bogens, dessen Sehne 16 Zoll, und dessen Halbmesser 66 Zoll beträgt, ist = 1,93939 Zoll.

Die Geschwindigkeit, mit der ein Körper zu dieser Höhe steigt oder von ihr fällt, ist $3\frac{1}{4}$ Fuss in 1 Sekunde. Die Kugel gab also dem Pendel eine Geschwindigkeit von $3\frac{1}{4}$ Fuss für 1 Sek. Da sie nun 505mal weniger Masse hatte, so würde sie bey gleicher Masse dem Pendel eine Geschwindigkeit von 1641 in 1 Sek. gegeben haben.

Die Geſchwindigkeit der Kugel war alſo damals, als ſie das Pendel traf, 1641 Fuſs in der Sek. Bey einer Geſchwindigkeit von 400 bis 500 Fuſs fand *Robins*, daſs die Kugel nicht in's Holz drang, ſondern wieder zurückſprang. — Je länger das Pendel iſt, deſto beſſer iſt es, und deſto weniger dringt die Kugel hinein.

Bey dieſen Verſuchen muſs die Axe des Pendels genau horizontal ſeyn; auch muſs die Kugel jedesmal den Schwingungspunkt des Pendels treffen, und wenn ſie ihn nicht trifft, ſo muſs der Unterſchied angegeben und dafür Rechnung getragen werden. Dieſes letztere hat *Robins* nicht gethan, und ſeine Verſuche ſind daher nicht völlig gewiſs. — Kommt die Kugel zu hoch, ſo wird die Angabe der Geſchwindigkeit zu groſs; kommt ſie niedriger, ſo wird ſie zu klein.

Robins hat dieſe Verſuche in ſeiner *Artilleire* bekannt gemacht, welche *Euler* im Jahr 1745 überſetzte, und mit Anmerkungen herausgab. (Berlin bey Haude und Spener. 8. 720 Seit. mit 8 Kupfertafeln).

Als *Robins* ſich durch viele Proben (die er nicht anführt) überzeugt hatte, daſs die Geſchwindigkeit in allen Schüſsen bis auf 20 Fuſs dieſelbe ſey: ſo ſchoſs er eine Musketenkugel von $\frac{3}{4}$ Zoll aus Entfernungen von 25, 75 und 125 Fuſs, und fand folgende Geſchwindigkeiten.

Bey 25 Fuſs	Entfernung	=	1670	Fuſs	in 1	Sek.
75	—	—	= 1550	—		—
125	—	—	= 1425	—		—

Dadurch alſo, daſs die Kugel 50 Fuſs weiter durch die Luft ging, verlor ſie 120 Fuſs; und dadurch, daſs ſie noch einmal 50 Fuſs durch die Luft ging, verlor ſie

wieder 125 Fuſs Geſchwindigkeit in 1 Sek. Da die Kugel ungefähr $\frac{1}{12}$ Pf. wog, ſo betrug der Widerſtand der Luft ungefähr 10 ℔. Nach der Neutonſchen Theorie hätte er aber nur $2\frac{1}{8}$ Pf. ſeyn ſollen. In dieſem Falle war alſo der Widerſtand $2\frac{1}{2}$mal gröſser, als die Theorie ihn angab.

Durch drey andere Verſuche in der Entfernung von 25 Fuſs beſtimmte er die mittlere Geſchwindigkeit zu 1690 Fuſs in 1 Sek. In der Entfernung von 175 F. gaben ihm 5 Schüſse 1300 Fuſs in 1 Sek. Die Kugel verlor alſo, indem ſie 150 Fuſs durchlief, 390 Fuſs in 1 Sek.

Für langſame Geſchwindigkeiten ſtellte er folgende Verſuche an. Er verringerte die Pulverladung, und beſtimmte mit 5 Schüſsen bey 25 Fuſs Entfernung die mittlere Geſchwindigkeit in 1 Sek. zu 1180 Fuſs. In der Entfernung von 250 Fuſs gaben ihm 5 andere Schüſſe mit derſelben Ladung 950 Fuſs in 1 Sek. Hiernach war bey dieſen Geſchwindigkeiten der Widerſtand gröſser, als die Theorie = 11 : 7. Bey den vorigen Verſuchen war er es, wie $17\frac{1}{2}$: 7. Auch fand er bey einer Geſchwindigkeit von 400 Fuſs, daſs der Widerſtand beträchtlich gröſser war, als die Theorie ihn angab.

Auf dieſe Verſuche gründet nun *Robins* eine neue Theorie vom Widerſtande der Luft und von der Kraft des Schieſspulvers. — *Euler*, der in den Anmerkungen alles das ſehr ſcharf prüft, was *Robins* ſagt und rechnet, findet, nachdem er auf die Fehler, die *Robins* bey ſeinen Rechnungen und Verſuchen beging, aufmerkſam machte, — Reſultate, die zwar von

Robins ſeinen verſchieden ſind, aber doch nicht viel.

Dadurch, daſs *Robins* nicht alle Umſtände bey ſeinen Verſuchen angegeben hat, bleibt ihnen eine kleine Ungewiſsheit, welche ſelbſt *Euler* mit all ſeiner Gewandtheit im Rechnen nicht heben konnte.

Robins ſtellte 61 Verſuche an, welche er mit ſeiner Theorie verglich, und mit ihr übereinſtimmend fand. *Euler* verdarb die Freude, die *Robins* darüber hatte, gleich durch folgende Bemerkungen in den Anmerkungen:

„Dieſe Verſuche ſtimmen allerdings beſſer, als man ſolches von einer falſchen Theorie glaubt erwarten zu können.“ *Euler* zeigt nun die Fehler in der Theorie, und berichtigt ſie.

Wenn aber auch dieſe Verſuche nicht die Wahrheit der Robinsſchen Theorie beweiſen, ſo geben ſie uns doch einen Begriff von der Genauigkeit, welche *Robins* bey ſeinen Verſuchen erhielt. Dieſe Verſuche wurden mit Läufen von 7, 12, 24 und 45 Zoll Länge gemacht.

Folgende Tafel enthält die Abweichungen der Verſuche von einander in der Länge der Sehne, welche mit dem Band gemeſſen wurde:

2	Verſuche	wichen	ab	0,9 Zoll.
2	andere	—	—	0,3
2	—	—	—	0,7
2	—	—	—	0,8
2	—	—	—	0,1
2	—	—	—	0,4
3	—	—	—	0,3
4	—	—	—	0,2
2	—	—	—	0,2
2	—	—	—	0,0

2 Verſuche	wichen	ab	0,0
2 —	—	—	0,3
2 —	—	—	0,4
4 —	—	—	0,3
2 —	—	—	0,4
2 —	—	—	0,5
2 —	—	—	0,7
2 —	—	—	0,3
2 —	—	—	0,1
4 —	—	—	0,3

Mittlere Abweichung 0,3 Zoll.

Robins Verſuche über dieſen Gegenſtand ſind die erſten, welche gemacht wurden. Wenn ſie daher nicht ganz die Genauigkeit beſitzen, deren ſie fähig ſind: ſo iſt dieſes ſehr verzeihlich. Statt dieſes zu tadeln, wird es beſſer ſeyn, auf dem Wege, den *Robins* geöffnet hat, fortzugehen, und das, was er fehlerhaft machte, zu verbeſſern. Wie nothwendig das Letztere iſt, das ſieht man aus Folgendem: Bey der Formel, welche *Euler* aus *Robins* Verſuchen herleitet, beſtimmt er den Werth des Buchſtabens g aus drey Verſuchen.

Der erſte Verſuch gibt	$g = 22102$	Rh. Fuſs.
Der zweyte — —	$g = 18176$	— —
Der dritte — —	$g = 30781$	— —
Mittel	23686	

Die Unterſchiede hiebey gehen bis auf $\frac{3}{5}$ des Ganzen.

S. 520 bemerkt *Euler*: daſs bey ſehr langſamen Bewegungen der Widerſtand wegen der Zähigkeit der flüſsigen Theile gröſser würde, als die Theorie ihn angebe, welche hierauf keine Rückſicht nehme. — Ferner: bey jedem Körper gibt es einen gewiſſen Grad der Geſchwindigkeit, wo der Widerſtand der Geſchwindigkeit und auch ihrem Quadrat proportio-

nal ist. Aber für alle übrige Geschwindigkeiten ist er verschieden. Wenn sich nämlich der Körper geschwinder bewegt, so geben die Quadrate der Geschwindigkeit einen grössern Widerstand, als die Geschwindigkeit selbst; und umgekehrt, wenn sich der Körper mit einem geringern Grade der Geschwindigkeit bewegt: so geben die Geschwindigkeiten selbst einen grössern Widerstand, als ihre Quadrate.

Die Ursache von der Vermehrung des Widerstands der Luft bey schnellen Bewegungen findet *Euler* in folgenden beyden Umständen:

1) Bey sehr schnellen Bewegungen ist die Luft nicht vermögend, der Kugel so schnell zu folgen, wie sie sich vorwärts bewegt; es entsteht also ein leerer Raum hinter der Kugel.

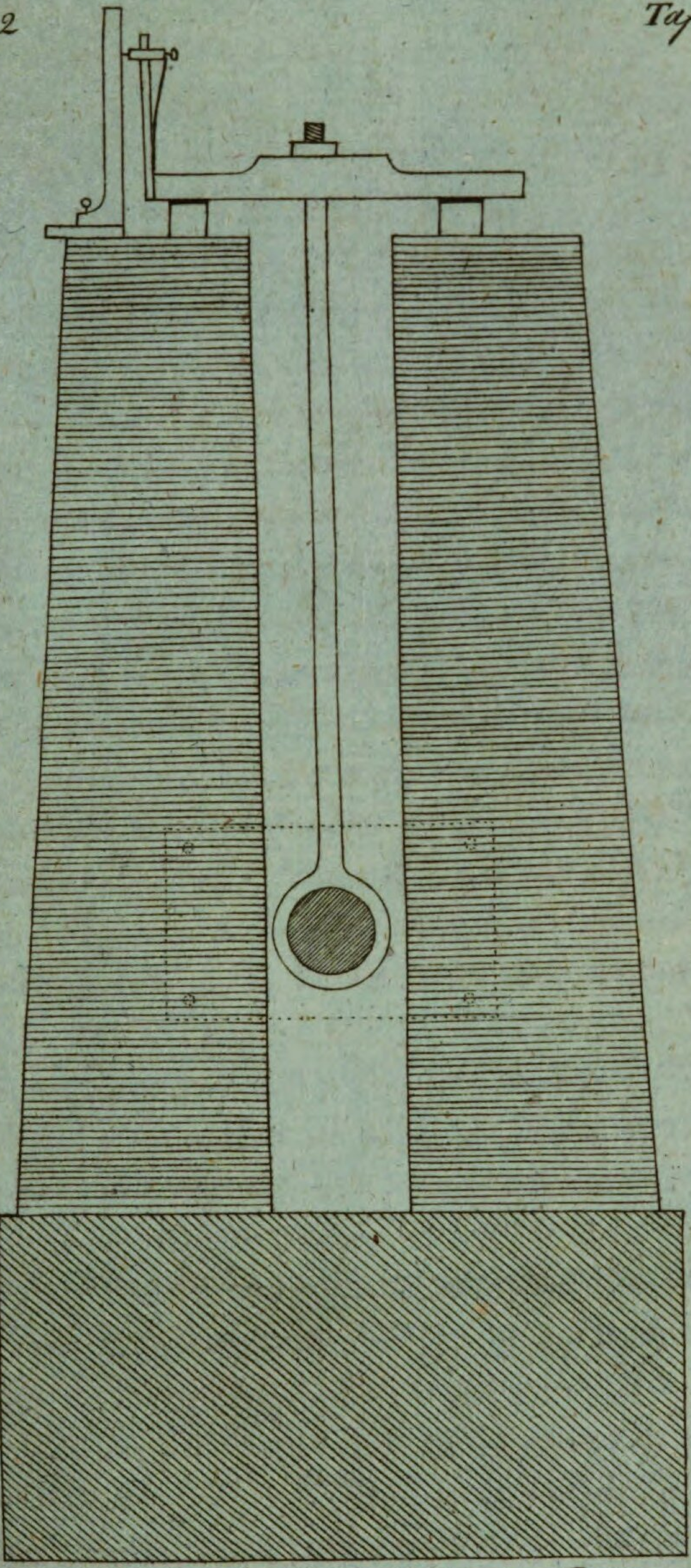
2) Eben so kann die Luft vor der Kugel nicht so so schnell auf die Seite weichen, als die Kugel sich fortbewegte; sie wird also vor der Kugel dichter, und diese muss Luft aus der Stelle treiben, die nicht mehr $\frac{1}{800}$ des Wassers ist.

Versuche von d'Arcy mit geschossenen Kugeln.

Um das Jahr 1752 stellte *d'Arcy*, in Gegenwart mehrerer Mitglieder der Akademie, eine Reihe sehr sorgfältiger Versuche über die Geschwindigkeit geschossener Kugeln an. Er machte diese Versuche in einer sehr gut geschriebenen kleinen Schrift bekannt, welche im Jahr 1766 in Dresden in der Waltherschen Buchhandlung erschien. Der Titel ist: *Essai d'une théorie d'Artillerie. Par M. le Chévalier d'Arcy.* 8. 140 Seiten mit 4 Kupfertafeln.

zu Seite 132

Taf. IV



D'Arcijs Pendel für geschossene Kugeln

Die Art, wie *d'Arcy* die Geschwindigkeiten der Kugel maſs, iſt dieſelbe, welche *Robins* gebrauchte. Aber *d'Arcy* hat ſie ſehr vervollkommnet, und ſeine Art, die Verſuche anzuſtellen, wird für alle künftige ein Muſter bleiben.

Er maſs die Gröſse der Schwingung nicht, wie *Robins*, durch ein Band, ſondern durch das Vorwärtsgehen eines Zeigers, der an die Axe des Pendels geſchroben war. — In dieſem ſteckte ein Stift, welcher durch eine Feder auf eine ſenkrechte Platte angedrückt und mit einer Stellſchraube geſtellt wurde. Dieſer beſchrieb auf der Platte einen Bogen, welcher dem Bogen des Schwungs vom Pendel gleich war. Um die Platte genau in die ſenkrechte Ebene des Schwungs zu bringen, waren mehrere Stellſchrauben angebracht, mit denen man ſie horizontal und vertikal drehen konnte. — Die horizontale Axe des Pendels wiegte, wie bey Uhren, auf Schneiden. Die Pfannen, auf welchen dieſe Schneiden wiegten, ruhten auf zwey ſteinernen Pfeilern, zwiſchen denen das Pendel ſeine Schwingungen machte. (S. Taf. IV.).

Der Flintenlauf war auf ein hölzernes Gerüſt befeſtigt, deſſen Füſse, um es recht ſtabil zu machen, in die Erde gerammt waren. Die Kugel traf die Pendellinſe immer auf dieſelbe Stelle.

Das ganze Pendel war von Eiſen. Auf die Linſe war eine dicke, gehärtete Stahlplatte geſchraubt, gegen welche die Kugel geſchoſſen wurde. — Vor die Linſe war auf die Pfeiler ein Brett geſchraubt, in welchem ein Loch war. Durch dieſes Loch ging die Kugel ungehindert durch, und traf das Pendel, indeſs das

Brett die etwa nachfliegenden Pulverkörner und, bey geringen Schuſsweiten, die Flamme abhielt. Auf der Zeichnung iſt dieſes Brett durch Punkte angedeutet. *D'Arcy* beſtimmte nun das Gewicht des Pendels, den Mittelpunkt der Schwere, und den Mittelpunkt des Schwungs. Er fand, daſs es 210 Schwingungen in 276 Sekunden machte. Es wog 1270 Unzen.

Er bediente ſich bey dieſen Verſuchen eines ſehr ſorgfältig bereiteten Pulvers. Die Ladung beſtimmte er nach dem Gewicht; ſie betrug immer 108 Grain. Die Kugeln wurden alle in derſelben Form gegoſſen, und wogen 700 Grains.

Aus dem Verhältniſs des Gewichts vom Pendel zu dem der Kugel, und aus der Gröſse des Schwunges berechnete er dann, wie *Robins*, die Geſchwindigkeit der Kugeln. Der gröſste Bogen bey dieſen Verſuchen war 11°, 36′; die Länge des Pendels vom Aufhängepunkt bis zu dem Punkte, wo die Kugel traf, 6 Fuſs; die Länge des Zeigers 8⅓ Zoll.

Von S. 96 bis 102 führt *d'Arcy* eine Reihe Verſuche an, welche er über den Einfluſs der Länge der Läufe auf die Geſchwindigkeiten der Kugeln anſtellte. Je länger der Lauf iſt, deſto länger drückt das elaſtiſche Fluidum, welches ſich aus dem Pulver entwickelt, auf die Kugel, und gibt ihr zu den ſchon gegebenen Geſchwindigkeiten noch eine neue. — Aus dieſem Grunde werden die Büchſen, welche zur Trappen- und wilden Enten-Jagd gebraucht werden, ſo ſehr lang gemacht, weil ſie weit übertragen müſſen. — Die Reibung der Kugel im Lauf vermindert zwar dieſe Geſchwindigkeit, aber ſie iſt ſehr unbedeutend gegen die

Kraft, welche die Geſchwindigkeit vermehrt. *D'Arcy* findet durch Rechnung, daſs die Länge eines 24Pfünd-ners, welcher mit 8 Pfund Pulver geladen iſt, 343 Fuſs ſeyn müſste, wenn der Kugel die gröſstmöglichſte Geſchwindigkeit ſollte mitgetheilt werden.

Der Verſuche über die Länge der Läufe ſind 144. Alle ſind mit der gröſsten Sorgfalt angeſtellt und berechnet, und man ſieht aus ihnen, in welchen engen Grenzen *d'Arcy* die Fehler ſeiner Verſuche hielt.

D'Arcy gebrauchte bey dieſen Verſuchen zwey Flintenläufe, wovon der eine $3\frac{3}{4}$ Fuſs, und der andere 6 Fuſs lang war. Er ſtellte gewöhnlich 6 oder 8 Verſuche hinter einander an, und nahm aus dieſen das Mittel. Er lieſs dann ein Stück vom Lauf abſchneiden, ſtellte wieder 6 oder 8 Verſuche an, und nahm auf's neue das Mittel. Die Länge des Laufs gibt er jedesmal in *parties égales* an, deren 400 auf 1 Fuſs gehen.

Man ſieht aus folgender Tafel, wie genau ſeine Verſuche waren, und wie regelmäſsig ihre Geſchwindigkeiten mit der Länge des Laufs abnahmen. —

Die Geſchwindigkeiten gehen von 1083 Fuſs in der Sekunde bis zu 359.

	Länge des Laufs.	Anzahl der Verſuche	Abweichung der Gröſsen und Kleinſten	Mittlere Länge der Sehne in *parties égales.*	Geſchwindigkeit.
1	1467	6	1,5 *p é.*	47,9	938
2	1332	9	2,4	46,4	908
3	1197	8	1,5	45,4	890
4	1061	9	1,9	45,3	888
5	927	6	1,3	44,5	872
6	792	10	2,9	42,5	833
7	657	6	1,6	40,6	796
8	522	6	1,1	38,0	746
9	387	9	2,2	33,3	653
10	252	7	1,8	28,5	559
11	117	4	0,5	18,3	359
	Verſuche mit einem Lauf von 6 Fuſs.				
13	2406	6	1,7	55,3	1083
14	2140	6	2,5	54,0	1058
15	1873½	9	2,0	53,2	1042
16	1607	7	3,0	52,2	1023
17	1340	7	3,1	50,6	991
18	1073	8	1,5	47,5	931
19	807	7	2,0	45,1	884
20	540	8	1,9	40,5	794
21	273½	6	2,0	30,7	602

Mittlere Abweichung 1,8

Dieſe Ungewiſsheit in der Sehne machen bey 1000 Fuſs Geſchwindigkeit eine Ungewiſsheit von 36 Fuſs in der einzelnen Beobachtung. Ein Mittel, das nun aus 6 oder 8 Beobachtungen genommen wird, kann daher eine Ungewiſsheit von höchſtens 5 bis 7 Fuſs haben.

Welche Genauigkeit *d'Arcy* ſeinen Verſuchen zutraute, das ſieht man ſchon daraus, daſs er zwiſchen 1083 und 359 Fuſs Geſchwindigkeit, einmal 11 und einmal 8 Punkte beſtimmte, ohne daſs er fürchtete, daſs die Fehler der Beobachtung gröſser würden, als der ſehr kleine Unterſchied der Reſultate, welche ſo nahe beyſammen lagen.

Obſchon dieſe Verſuche nicht unmittelbar mit der Beſtimmung des Widerſtands der Luft in Verbindung ſtehen, ſo glaubte ich doch nicht, daſs es überflüſsig ſey, ſie hier anzuführen, weil man aus ihnen ſieht, welcher Genauigkeit dieſe Verſuche fähig ſind. Und dieſes zu wiſſen, iſt für die ſehr wichtig, welche künftig Verſuche über den Widerſtand anſtellen.

D'Arcy ſtellte nun einige Verſuche über den Widerſtand der Luft an, wozu folgendes die Veranlaſsung war.

Herr *de Valière* hatte im Jahr 1740 in Strasburg Verſuche über die Schuſsweiten eines 24Pfündners gemacht, der unter einem Winkel von 45 Grad befeſtigt war. Er fand bey dieſen Verſuchen, daſs ſich die Schuſsweiten nicht beträchtlich änderten, wenn die Ladung auch noch ſo ſehr verſtärkt wurde.

Er ſtellte am 31. Aug. und am 21. Sept. hierüber folgende Verſuche an:

31. Aug. Pfunde Pulver.		Schuſsweiten in Toiſen.	21. Sept. Pfunde Pulver.		Schuſsw. in Toiſen.
8 —	—	2328	24	—	2500
9 —	—	2350	18	—	2480
10 —	—	2350	16	—	2300
11 —	—	2077	15	—	2138
12 —	—	2266	14	—	2280
13 —	—	2435	13	—	2500
14 —	—	2300	12	—	2240
15 —	—	2420	11	—	2060
16 —	—	2450	10	—	2450
18 —	—	2230	9	—	2500
24 —	—	2200	8	—	2050

Alle Kugeln waren gut calibrirt und glatt gemacht, ſo wie auch die Kanone unbeweglich befeſtigt.

Weil nun nach *d'Arcys* Verſuchen mit Flintenkugeln die Geſchwindigkeit der Kugel ſo ſehr verſchieden war, wenn die Ladung verſtärkt oder geſchwächt wurde: ſo ſchlieſst *d'Arcy* hieraus, daſs dieſe gleichen Schuſsweiten vom Widerſtande der Luft kommen, da, je gröſser die Geſchwindigkeit der Kugel wäre, auch deſto gröſser der Widerſtand der Luft ſey, der dieſe Geſchwindigkeit vermindere, und daſs man daher bey ſehr verſchiedenen Ladungen doch keine beträchtlich verſchiedene Schuſsweiten hervorbringen könne. Vielleicht hat dieſe Vermuthung von *d'Arcy* ihre Richtigkeit, — aber aus dieſen Verſuchen flieſst ſie nicht, da bey ihnen ſehr groſse Fehler müſsen ſtatt gefunden haben. So treiben z. B. 24 Pfund Pulver am 21. Sept. die Kugel 300 Toiſen weiter wie am 21. Aug.

Dieſes iſt $\frac{1}{8}$ vom Ganzen. Eben ſo treiben am erſten Tage 8 Pfund Pulver die Kugel 128 F. weiter wie 24, und am zweiten treiben 24 Pf. ſie 450 Toiſen weiter wie 8. — Es ſcheint als wenn die Erhitzung der Kanone die Kraft des Pulvers geſchwächt hätte.

Bey den Verſuchen über den Widerſtand gebrauchte *d'Arcy* einen Lauf von 5 Fuſs Länge. Die Ladung war 1 $\frac{1}{2}$ Gros. Die Kugel wog 1 Unze 1 Gros und 54 Grains. Die erſte Entfernung von der Mündung des Laufs bis an die Platte war 8 Fuſs. Die zweyte 92. Die Maſse ſind Theile, deren 2209 auf den königlichen Fuſs gehen. Er gebrauchte hiebey ein Pendel, welches viel ſchwerer war, als das bey den vorigen Verſuchen. Die Maſse gibt er nicht an, auch hat er ſie, wie er ſagt, ſelbſt nicht genau genommen, welches gleichgültig ſey, da er ohnehin gewuſst hätte, daſs bey dieſer Ladung und bey dieſer Länge des Laufs die Geſchwindigkeit der Kugel ungefähr 1100 Fuſs in 1 Sek. war, und er bey dieſen Verſuchen keine abſolute Gröſsen beſtimmen wollen, ſondern nur das Verhältniſs der Geſchwindigkeiten von 8 Fuſs und von 92. — Uebrigens hat er, wie auch bey den vorigen Verſuchen, alle Kugeln auf den horizontalen Strich reduzirt, welcher durch den Schwingungspunkt des Pendels ging.

8 Fuſs Entf.		92 Fuſs.			
1ſte Reihe.	445	1ſte Reihe.	406		408
	439		398		407
	453		402	4. R.	400
Mittel	445	Mittel	402		403
2te Reihe.	438	2te Reihe.			407
	447		400		399
	445		399		399
Mittel	$443\frac{3}{4}$	Mittel	$399\frac{1}{2}$		403
3te Reihe.	446	3te Reihe.	398	Mitt.	403
	441		393		
	441		395		
	432		412		
Mittel	440	Mittel	399		
4te Reihe.	447				
	440				
Mittel	$443\frac{1}{2}$				

Das Mittel aus allen Mitteln für 8 Fuſs iſt 443 das Mittel aus allen Mitteln für 92 Fuſs iſt $400\frac{3}{4}$. Die Kugel hatte, indem ſie durch 84 Fuſs ging, $\frac{1}{11}$ an ihrer Geſchwindigkeit verlohren. Die Geſchwindigkeit betrug ungefähr 1100 Fuſs in 1 Sek. und es blieben nur noch 1000 Fuſs übrig.

D'Arcy berechnet nun ferner, für 1000 Fuſs und für 1100 Fuſs Geſchwindigkeit, die Schuſsweiten für 1900 Toiſen, und findet nur 19 Toiſen oder $\frac{1}{100}$ des ganzen Unterſchieds. Da nun die Ungewiſsheiten der Schuſsweiten auf $\frac{1}{7}$ des Ganzen gehen: ſo ſieht man hieraus, daſs es unmöglich iſt, aus der Schuſs-

weite die Geſchwindigkeit zu beſtimmen, welche die Kugel hatte, als ſie aus der Mündung der Kanone kam.

Aus dieſen Verſuchen folgert nun *d'Arcy*, daſs ſtarke Ladungen beym Schieſsen in der Nähe gut ſind, daſs ſie aber bey groſsen Entfernungen nichts helfen; daſs ferner die Schuſsweite wenig geändert wird, wenn auch die Gewehre etwas kürzer ſind, weil mit der geringeren Geſchwindigkeit zugleich auch der Widerſtand der Luft geringer wird.

Welcher Genauigkeit die Verſuche mit geſchoſſenen Kugeln fähig ſind, das ſieht man aus dieſen Verſuchen noch mehr, als aus den vorigen.

D'Arcy nimmt das Mittel aus allen vorigen Mitteln. Ich glaube, daſs es beſſer iſt, das Mittel aus allen einzelnen Beobachtungen zu nehmen, weil ſonſt ein Mittel, welches auf zweyen beruht, denſelben Einfluſs auf's Reſultat hat, wie ein anderes, welches aus acht Beobachtungen genommen iſt.

Für die Entfernung von 8 Fuſs geben

die erſten 6 Beobachtungen	444,5	=	1102,3 Fuſs.
die zweiten 6 — —	441,5	=	1093,9 —
	Unterſchied	=	8,4 Fuſs.

Für die Entfernung von 92 Fuſs geben

die erſten 9 Beobachtungen	401,4	=	995,5
die folgenden 8 — — —	403:2	=	1001,4
	Unterſchied	=	5,9 Fuſs.

Ich habe die Fuſse dadurch beſtimmt, daſs ich einen der Theile, in welche die Sehne getheilt iſt, zu 248 Fuſs annahm. Da *d'Arcy* keiner Maaſse von

dem Pendel, welches er gebrauchte, angegben hat: ſo iſt dieſes die einzige Rechnung, welche hierüber möglich iſt.

Man ſieht, daſs dieſe Verſuche faſt einer gröſseren Genauigkeit fähig ſind, wie die Fallverſuche mit Tertienuhren; und wenn man auch ſolche Fallhöhen hätte, auf denen die Körper eine Geſchwindigkeit von 1000 Fuſs annehmen, ſo würde man es doch ſchwer dahin bringen, daſs zwey Mittel nur 6 oder 8 Fuſs von einander abwichen. Dieſe 6 Fuſs machen noch keine halbe Tertie.

Lambert über d'Arcys Verſuche.

Man glaubte nun, daſs durch *Robins* und *d'Arcys* Verſuche völlig entſchieden ſey, daſs das Neutonſche Geſetz den Widerſtand für groſse Geſchwindigkeiten beträchtlich zu klein angebe. Allein in demſelben Jahre, und in demſelben Verlage, in welchem *d'Arcys* Verſuche erſchienen, gab *Lambert* eine kleine Schrift über dieſe Verſuche heraus, in der er zu zeigen ſuchte, daſs die bisherigen Verſuche noch lange nicht dazu berechtigten, das Neutonſche Geſetz des Widerſtandes aufzugeben, da man bey dieſen Verſuchen noch Umſtände überſehen habe, welche die Reſultate um die Hälfte des Ganzen änderen.

Hiezu rechnete *Lambert* vorzüglich, daſs man die Bleykugeln als völlig unelaſtiſch angeſehen habe, als man ihre Wirkung aufs Pendel nach den Geſetzen des Stoſses unelaſtiſcher Körper berechnete. Eine weiche Kugel, ſagt *Lambert* S. 47, kommt den Geſetzen des Stoſses elaſtiſcher Körper um ſo näher, je

größser ihre Geſchwindigkeit iſt. Er gründet dieſen Satz darauf, daſs bey weichen Körpern die kleinſten Theile hart und ohne Zweifel elaſtiſch wären.

Es ſcheint mir etwas gewagt, die Eigenſchaften der kleinſten Theile der Körper feſtzuſetzen und ſie in unſerer Phyſik zu gebrauchen, in der wir mit Erfahrungen zu thun haben, die uns nichts über die Eigenſchaften der kleinſten Theile der Körper lehren die aber *dem* ſehr oft widerſprechen, was man aus den Eigenſchaften dieſer kleinſten Theilen hergeleitet hat.

Wenn Elaſticität hiebey wirkſam geweſen, ſo ſcheint es natürlicher zu ſeyn, ſie in der gehärteten Stahlplatte zu ſuchen, gegen welche die Kugeln geſchoſſen wurden, als in den weichen Bleykugeln. — Aber dieſe Vorausſetzug war nur auf die Verſuche *d'Arcys* und nicht auf die von *Robins* anwendbar, weil *Robins* ſeine Kugeln nicht gegen Stahl ſondern gegen büchene Bretter ſchoſs, in denan ſie ſtecken blieben.

„S. 48. Je gröſser die Geſchwindigkeiten ſind, deſto mehr nähere ſich der Körper beym Stoſse dem „elaſtiſchen Zuſtande. Und S. 68. Je kleiner die Geſchwindigkeit der Kugel iſt, deſto mehr wirkt ſie als „ein unelaſtiſcher Körper. Sie geht ſtufenweiſe aus „dem unelaſtiſchen Zuſtande in den elaſtiſchen über „— ſo wie ihre Geſchwindigkeit zunimmt: ob ſie „aber den elaſtiſchen Zuſtand völlig erreicht, oder ob „ſie ſich ihm nur aſymptotiſch nähert, das wage ich „nicht zu beſtimmen.»

Die Erfahrungen, welche ich in St. Michael über ſchnell bewegte Bleykugeln und ihre Elaſticität gemacht habe, ſtimmen nicht allein mit dem, was hier *Lambert* geſagt hat, nicht überein, ſondern ſie ſind das gerade Gegentheil davon. Wenn man eine Bleykugel aus einer Höhe von 5 oder 6 Fuſs auf einen Stein fallen läſst, ſo ſpringt ſie etwas in die Höhe. Läſst man ſie aber aus einer Höhe von 321 Fuſs fallen, ſo müſste ſie nach *Lambert* ſchon viel mehr Elaſticität zeigen, und die Kugel auch viel höher ſpringen. Allein dieſes iſt nicht der Fall: Im Junius von 1802 lieſs ich mehrere Kugeln von 321 fallen, wo ich ſelbſt unten blieb, um zu fühlen, wie heiſs die Kugeln waren, wenn man ſie gleich nach dem Fall aufnimmt. Die Kugeln fielen auf untergelegte Bretter, die ſie gewöhnlich entzwey ſchlugen und dann wieder 20 bis 25 Fuſs in die Höhe flogen. Dieſes Zurückfliegen kam von den elaſtiſch geſpannten Holzfaſern her, auf welche die Kugeln fielen und welche ſie wieder zurückſchnellten. Eine der Kugeln fiel indeſs zufällig an den untergelegten Brettern vorbey auf das Pflaſter, welches aus gehauenen viereckigen Steinen beſteht. Dieſe flog gar nicht wieder in die Höhe, ſondern blieb genau auf derſelben Stelle liegen, auf die ſie fiel, gerade als wenn es eine Kugel aus naſſem Thon geweſen wäre. Sie war beynahe bis auf die Hälfte zuſammengedrückt. Das ſpecifiſche Gewicht des Bleys an dieſer Kugel war dadurch vielleicht gröſser geworden, wie die des Goldes, denn der Radius vom übrigen Theil, welcher rund geblieben war, war nicht merklich vergröſsert; ihre Geſtalt blieb ſo

regelmäſsig, daſs einer, der nicht den Fall gesehen, geglaubt haben würde, daſs ein Stück heruntergeschnitten wäre. Als sie aufschlug, hatte sie eine Geschwindigkeit von 130 Fuſs in 1 Sek. Der Stein hatte auf der Stelle, wo sie ihn traf, eine groſse Menge kleiner Risse bekommen, wodurch er geschilfert war. Der Stein ist nehmlich eine Art Schiefer, und es war gerade die Ecke, wo sie ihn traf. — Dieses war wohl die Ursache, warum sie völlig genau auf der Stelle liegen blieb. Andere Bleykugeln sprangen, wenn sie aus dieser Höhe fielen, doch 1 bis 2 Fuſs wieder zurück.

Schlugen die Kugeln auf tannene oder eichene Bretter, so machten sie runde Gruben, die $\frac{1}{4}$ Zoll tief waren, und flogen dann wieder in die Höhe. Bey diesem Aufschlagen spannten sie die oberne Holzfasern so stark, daſs sie rissen, — aber die, welche tiefer im Brett lagen, wurden nicht bis zum Zerreiſsen gespannt, und diese schnellten dann die Kugel wieder in die Höhe. Hiebey wurde die Kugel so wenig verletzt und behielt so ganz ihre runde Gestalt, daſs man oft die Stelle nicht finden konnte, wo sie aufgeschlagen hatte. Fielen aber die Kugeln auf ein untergelegtes Brettchen von Pokholz, so schlugen sie sich flach, und flogen nur zwey bis drey Fuſs in die Höhe. Auf Pokholz wurden die Kugeln etwa $\frac{2}{3}$ so flach, als wenn sie auf die Steine fielen. Das Pokholz war so hart, daſs die Kugel nicht die geringste Vertiefung auf ihm machte. — Kugeln von Buchsbaum-, oder von Ebenholz flogen immer wieder 25 Fuſs in die Höhe, sie mochten auf Holz fallen, oder auf die Steine.

S. 54. Die Linie, nach welcher die Kraft der zusammengedrückten Luft in Windbüchsen auf die fortgehende Kugel abnimmt, ist eine Hyperbel: aber *Lambert* fand, dass aus *d'Arcys* Versuchen folge, dass die Linie, nach welcher die Kraft des Pulverdampfs auf die fortgehende Kugel abnimmt, keine Hyperbel sey, wenn man *d'Arcys* Geschwindigkeiten als die wahre gelten lasse. Dieses machte ihn zuerst zweifelhaft, ob man bey diesen Versuchen die Geschwindigkeiten der Kugel nach der Lehre vom Stoss unelastischer Körper berechnen dürfe. Dazu kam noch, dass nach eben dieser Berechnung die Theorie vom Widerstand der Luft ganz in Verwirrung gerieth, weil derselbe hiedurch zweymal grösser herauskommt, als die Theorie ihn angibt.

S. 68. „Was mich aber vollends aufbrachte, war ein Versuch des Herrn *Robins*, wo er eine Kugel mit einer angeblichen Geschwindigkeit von 400 Fuss über ein stillstehendes Wasser schoss. Diese durchlief in 5½ Sek. 1119 Fuss, ehe sie das Wasser berührte. Nach der Theorie vom Widerstande hätte sie dieses in 4½ Sek. gemusst. Ich wusste aber eben so gewiss aus andern Versuchen (?), dass die Theorie vom Widerstande bey Geschwindigkeiten von nur 400 Fuss noch gar keine Schwierigkeiten hat. Daraus schloss ich nun, dass die anfängliche Geschwindigkeit nur 300 Fuss betragen habe. Da sie aber Herr *Robins* mit seinem Pendel zu 400 Fuss, also um ⅓ zu gross angab: so folgt, dass sein Pendel die Geschwindigkeiten zu gross gebe, und dass die aufschlagende

Bleykugel nicht rein wie ein unelastischer Körper wirke.» *)

S. 77. „Ich setze Herrn *Robins* Versuche wegen anderer ganz richtiger Versuche (?) ohne alles Bedenken von 400 auf 300 oder 320 Fuss herunter,» und unten: „Ich verminderte diese Geschwindigkeit deswegen so viel, weil es die Theorie vom Widerstand der Luft erforderte, und weil ich versichert war, dass sie bey so geringen Geschwindigkeiten keinen Anstoss finde.» Und Seite 93. „Eben die Theorie, die sich bey den Versuchen der Herrn *Hawksbee* und *Desaguliers* bey leichten Kugeln und geringen Geschwindigkeiten bewährt, finden liess, gibt an, dass sie bey schweren Kugeln und vielfach grösseren Geschwindigkeiten anwendbar bleiben werde.»

(Diesem Schlusse scheint der Zusammenhang zu fehlen. Uebrigens war das dieselbe Theorie, von der Neuton selbst erkannte, dass sie bey geringen Geschwindigkeiten nicht mehr anwendbar blieb, und deren Richtigkeit man nur da mit Zuverlässigkeit wusste, wo man sie mit der Erfahrung verglichen hatte. Und dieses war noch

*) Hiebey ist nur zu bedenken, dass 1) Robins diesen Versuch nur einmal anstellte; 2) dass alles auf einer Secunde beruht, für deren genauen Bestimmung Robins wohl nicht gut einstehen konnte; und dass endlich 3) Lambert die Versuche nicht anführt, aus denen er wusste, dass bey 400 Fuss der Widerstand noch nach dem Quadrat der Geschwindigkeit gehe. Desaguliers Geschwindigkeiten sind bey weitem so gross nicht.

mit keinen Geſchwindigkeiten geſchehen, welche größer wie etwa 50 Fuſs in der Sekunde waren.)

S. 89. „Die drey Theorieen von dem Stoſs weicher Körper, — vom Widerſtand der Luft, und von der Gewalt des Schieſspulvers, treffen hier, — wenn man ſie ſo nimmt, wie ſie vor *Robins* waren, ſo zuſammen, daſs eine die andere umſtöſst.

Läſst man die Theorie des Stoſſes gelten, ſo ſtöſst dieſe die vom Widerſtand der Luft und die von der Gewalt des Pulvers um.

Läſst man die Neutonſche Theorie des Widerſtands gelten, ſo fällt die vom Stoſs weg, aber die von der Gewalt des Pulvers bleibt.

Läſst man die Theorie von der Gewalt des Pulvers gelten, (nehmlich daſs dieſe eine Hyperbel und keine logarithmiſche Linie iſt) ſo fällt die Theorie des Stoſses weg.»

Lambert folgert nun durch eine Reihe ſcharfſinniger Schlüſſe, daſs: weil nun einmal etwas geändert werden müſste, man am beſten die Lehre vom Stoſs ändere, wo dann die Neutonſche Theorie vom Widerſtand bleibe, und auch die von der Gewalt des Pulverdampfs. (Daſs dieſer ſich nach eben den Geſetzen verhalte, wie die comprimirte Luft in der Windbüchſe.)

S. 96. Ich glaube, daſs dieſe beyden Theorieen (vom Widerſtand und von der Gewalt des Schieſspulvers) bis auf Kleinigkeiten, welche von Nebenumſtänden herrühren, richtig ſind und keiner Verbeſſerung bedürfen.»

Weil die Kugel ſich immer mehr dem elaſtiſchen Zuſtande nähert, jemehr ihre Geſchwindigkeiten zunimmt, ſo findet *Lambert*, daſs die Tangente C 9 welche Fig. 5 T. VI durch den Punkt C gezogen wird, mit der Linie C F einen Winkel von 45 Grad machen muſs. Die Linie C J A drückt die Geſchwindigkeiten von *d'Arcy* aus. Da dieſe für die Tangente von 45° zu hoch liegt, ſo legt er ſie herunter auf C i B. Er berechnet den Verſuch J. von 400 Fuſs und reduzirt den auf 300. In dem Verhältniſs von J : i verkürzt er nun alle Ordinaten, und beſtimmt ſo die Linie der Geſchwindigkeiten C i B. Wenn die Elaſtizität vollkommen wird, ſo iſt F B = $\frac{1}{2}$ F A. Ob dieſes aber der Fall ſey, das wagt er nicht zu beſtimmen.

Hiernach hat nun *Lambert* die Geſchwindigkeiten von *d'Arcy* auf's neue berechnet, und gibt darüber folgende Tafel:

Länge des Laufs.	Geſchwindigkeiten nach *d'Arcy*.	Geſchwindigk. nach *Lambert*.
2394 p. ég	1083 Fuſs.	610 Fuſs.
2128	1038	605
1852	1042	601
1595	1023	593
1328	991	584
1062	931	563
795	884	545
528	794	511
262	602	426
105	405	320

S. 81 reduzirt *Lambert* die Robinsſchen Verſuche nach derſelben Vorausſetzung und findet, daſs die wahren Geſchwindigkeiten nahe die Hälfte von denen ſind, welche *Robins* angegeben. Die Unterſchiede aber zwiſchen 25 und 125 Fuſs Pendelentfernung ſind nur $\frac{1}{4}$, und er findet nun, daſs dieſe Verſuche mit der Neutonſchen Theorie des Widerſtandes in Uebereinſtimmung ſind. „Ich ſah' nun, daſs die Theorie vom Widerſtand und von der Gewalt des Schieſspulvers ganz ordentlich zuſammentreffen, und dieſes hat deſtomehr auf ſich, da dieſe beiden Theorieen auf Gründen beruhen, die von einander völlig unabhängig ſind.» *)

Lambert findet die Kraft des Pulvers nicht wie 647 Atmosphären, ſondern nur wie 238. *Robins* hatte dieſelbe Kraft zu 1000 Atmosphären berechnet, und *Daniel Bernoulli* hatte ſie dem Druck von 10000 Atmosphären gleich geſetzt **).

*) Und doch ſind, wie es ſehr wahrſcheinlich iſt, alle beyde falſch.

**) Zu dieſer groſsen Verſchiedenheit in den Meinungen über die Kraft des Pulverdampfs kommt nun noch die neueſte und vielleicht die richtigſte vom Grafen von *Rumford*, nach der die Krafr des völlig eingeſchloſſenen Pulverdampfs gleich iſt dem Druck von ungefähr 20,000 Atmosphären. S. *Philosophical Transactions for* 1797. P. II. p. 221 — 292, und im Auszuge in *Gilberts* Annalen der Phyſik, Band IV. S. 257 und 377. Graf *Rumford* maſs die Kraft des Pulverdampfs auf folgende Weiſe. Der Lauf *A* T. 7 F. 7 war 2,8 engl. Z. lang, und unten eben ſo dick. Er hatte eine Höhlung, welche 3 Linien im Durchmeſſer hatte, und 26 Linien lang war. In dieſe kam das Pulver. Aus dieſer Höhle ging eine Zündröhre herunter, welche in die Höhlung der Kugel *K* paſste. Sollte die Ladung abgebrannt werden, ſo

Da die Luft in einen leeren Raum mit einer Geschwindigkeit von 1300 Fuſs in 1 Sek. eindringt, ſo glaubt *Lambert* nicht, daſs die Kugel einen leeren Raum hinter ſich laſſe.

wurde dieſe Kugel glühend gemacht, und an die Zündröhre mit dem unten liegenden Fuſstritt angedrückt. Durch dieſe Erhitzung entzündete ſich das Pulver; und da weiter kein Zündloch da war, ſo konnte auch nicht das Geringſte vom Pulverdampf entwiſchen. Oben auf der Mündung des Laufs liegt eine Halbkugel von gehärtetem Stahl, welche durch drey kleine cylindriſche Stäbe ſo umſchloſſen wird, daſs ſie ſich nur ſenkrecht auf und ab bewegen kann. Auf dieſe Halbkugel wird nun das Gewicht geſetzt, welches der Pulverdampf haben ſoll. *Rumford* gebrauchte einen 24Pfündner, der 8081 Pf. wog, als Gewicht, welches er durch hineingelegte Kugeln noch vermehrte. Die Kanone wurde mit der Traube auf die Halbkugel geſetzt, und durch Hülfe eines Rahmens, in dem ſie ſich auf- und niederſchieben konnte, ſenkrecht gehalten. Um das Anfreſſen des Pulverdampfs am Rande des Laufs zu verhüten, lieſs ihn Gräf *Rumford* vergolden. Aber bald fand er, daſs es beſſer wäre, Scheiben aus Sohlleder zu nehmen, welche mit einem Rundſtahl ſo ausgeſchlagen wurden, daſs ſie genau 3 Linien im Durchmeſſer hatten. Sie waren 1 1/2 Linie dick. Wenn der Lauf geladen war, ſo wurde eine mit Talg beſtrichene Scheibe hineingedreht, und dieſe ſchloſs dann ſo genau an, daſs nicht das Geringſte vom Pulverdampf entwiſchte, bis ſie ganz aus der Mündung heraus was. — Der Pulverdampf fraſs nur den oberen Rand vom Laufe weg; aber da, wo die untere Seite der Lederſcheibe ſaſs, blieb der Lauf unverſehrt. Bey dieſen Verſuchen iſt es nämlich ſehr wichtig, daſs der Pulverdampf immer auf eine gleich groſse Fläche drückt. Dieſe Verſuche wurden im Jahr 1792 im Hofe des Münchener Arſenals gemacht. — Blieb der Pulverdampf einige Minuten im Lauf eingeſchloſſen, ſo verwandelte er ſich in eine graue, ſteinharte Maſſe, und beym Oeffnen des Laufs erfolgte nur ein ſchwaches Ziſchen; wie bey

Worauf diese Bestimmung des Eindringens der Luft in einen leeren Raum beruhe, das sagt *Lambert* nicht; auch führt er nicht an, ob und wo man Versuche hierüber gemacht hat.

Diese kleine Schrift von *Lambert* liest man mit gro-

einer Windbüchse. Der Lauf wurde in diesen Fällen sehr erhitzt. Obschon der Lauf im Verhältniss seiner Bohrung so stark war, so plazte er doch, als er mit 26 Gran Pulver geladen war.

Rumford liess einen neuen Lauf verfertigen, völlig dem vorigen gleich, und stellte damit folgende Versuche an. Die Gewichte sind *Averdupois* Pfunde. Da der Durchmesser des Laufs 0,25 Zoll war, so war die Mündung 0,049088 Quadratzoll. Die Luftsäule, die darauf drückte, = 0,7363 Pf. Wenn man mit dieser Zahl das Gewicht der Kanone dividirt, so erhält man die Anzahl Atmosphären, deren Druck der Expansivkraft des Pulverdampfs gleich kommt.

Pulverladung. Gran.	In Theilen des Laufs.	Gewicht auf der Halbkugel.	Expansivkraft in Atmosphären
1	0,039	57 Pf.	78
2	0,078	134	182
3	0,117	212	288
4	0,156	281	382
5	0,195	413	561
6	0,234	505	685
7	0,273	598	811
8	0,312	858	1164
9	0,390	1142	1551
10		1387	1884
11	0,429	1634	2219
12	0,465	1895	2574
13	0,507	2422	3288
14	0,546	2951	4008
15	0,585	3477	4722
16	0,624	5220	7090
18	0,702	8081	10977

ſem Vergnügen, auch wenn man nicht ſeiner Meinung iſt; und man wird ſie vielleicht dann noch gerne leſen, wenn es längſt erwieſen iſt, daſs alles das nicht wahr iſt, was *Lambert* hier geſagt hat. — Nicht die Materie, ſondern die Form geben ihr dieſes bleibende Intereſſe. Man ſieht, daſs *Lambert* ſie in jenen glücklichen Stunden geſchrieben hat, in denen der Menſch, beſeelt vom jugendlichen Uebermuth der Kraft, ſelbſt das Schwerſte mit Leichtigkeit thut. — Durch alle die Verwickelungen, die von dieſer Sache nicht zu trennen

Bey dem letzten Verſuch* platzte die Zündröhre. — Dieſe groſse Expanſivkraft erklärt Graf Rumford ſehr glücklich durch die groſse Kraft der Waſſerdämpfe, wenn ſie bis zum Glühen erhitzt ſind. — Uebrigens fanden ſich bey dieſen Verſuchen noch Anomalien, welche bis auf 1/3 des Ganzen gingen, und wovon ſich bis jetzt noch keine befriedigende Erklärung geben läſst. Die Expanſivkraft des Pulverdampfs wird ſelbſt nach dieſen Verſuchen ſo ſehr verſchieden angegeben, daſs man es kaum wagt, dieſe Zahlen zu nennen. So berechnet Graf Rumford ſie einmal zu 55000 Atmosphären. Seine Formel gibt ſie aber nur zu 29000 Atmosphären an. In der heiſsen Jahrszeit iſt die Kraft des Pulverdampfs ſtärker, und dann berechnet ſie Graf Rumford zu 101,000 Atmosphären. Indeſs zeigt Gilbert in einer Note, daſs, wenn man gewiſſe Verſuche zum Grunde lege, ſie über 190,000 Atmosphären betrage. — Wie weit bleiben Lamberts 238 Atmosphären hiebey zurück! — Doch muſs man hiebey bemerken, daſs in Schieſsgewehren das Pulver nie eine ſolche Kraft ausüben kann, wie in den Rumfordſchen Verſuchen, weil dabey zu viel Pulverdampf verloren geht. — Aber bey allem dem ſieht man aus dieſen Verſuchen, daſs wir von der Kraft des Pulverdampfs nur wiſſen, daſs ſie ſehr groſs ſey, und daſs uns ihre wahre Gröſse noch völlig unbekannt iſt. Ich habe dieſe Verſuche deswegen hier ſo umſtändlich angeführt, weil ich mich im lezten Abſchnitt wieder auf ſie beziehen muſs.

waren, führt er ſeinen Leſer mit einer Gewandtheit und einer Fröhlichkeit hindurch, als wenn es nur leichte Dinge aus dem täglichen Leben wären.

Verſuche von Borda.

Im Frühjahr von 1763 ſtellte der Ritter *Borda* Verſuche über den Widerſtand der Luft mit einem Windflügel an, den er durch ein Gewicht drehte (Fig. 8 T. VII). An den Enden ſchrob er kleine Brettchen, die 9 Zoll, 6 Zoll und 4 Zoll im Quadrat (*en carré*) hatten. An die Schnur hing er Gewichte von 8 Pf. bis zu einem halben. In der Schnur hatte er zwey Zeichen gemacht, welche ihm eine gewiſſe Anzahl Drehungen ſeines Windflügels angaben; ſeine Länge war $6\frac{1}{2}$ Fuſs. Die Verſuche ſtellte er mit aller Genauigkeit an; er nahm ſogar auf die verſchiedene Ausdehnung der Schnur bey verſchiedenen Gewichten in der Rechnung Rückſicht. — Zugleich unterſuchte er auf eine äuſserſt einfache Weiſe: ob auch die Luft durch die Drehungen des Flügels zugleich eine drehende Bewegung annehme? Die fünf erſten Drehungen des Flügels waren beſchleunigend — die ſpätern gleichförmig. Er beobachtete die Zeiten an einer halben Sekundenuhr. Die einzelnen Beobachtungen wichen ſelten $\frac{1}{4}$ Sek. von einander ab.

	Schwingungen jede zu $\frac{1}{2}$ Sek.		
Gewicht.	9 Zoll.	6 Zoll.	4 Zoll.
8 Pf.	94,5	58,4	37
4	133,1	82,2	53
2	189,5	116,3	75
1	268,5	165,8	105,7
$\frac{1}{2}$	—	232,7	149,5

Man ſieht aus dieſer Tafel, daſs der Widerſtand ſehr genau dem Quadrat der Geſchwindigkeiten folgt. Die Zeit, welche dem Gewicht von 2 Pf. zukommt, iſt ungefähr die doppelte von dem von 8 Pf. Die Abweichungen der Rechnung von den Verſuchen ſind nur ein 0,02 des Ganzen, und haben ihren Grund in den unvermeidlichen kleinen Fehlern der Beobachtung.

Borda unterſuchte nun noch, in wie fern beym ſchiefen Stoſs die Erfahrungen mit der Theorie übereinſtimmten, und ſtellte deswegen Verſuche mit Kegeln, Cylindern, Prismen und Halbkugeln an. Aber er fand hier alles in der Erfahrung anders, wie es *Neuton* theoretiſch nach ſeinem Geſetze des Widerſtandes beſtimmt hatte. So fand er z. B., daſs der Widerſtand, der auf die Kugel ausgeübt wird, $\frac{2}{5}$ von dem war, den ihr gröſster Kreis leidet. Nach der Theorie ſollte er die Hälfte ſeyn. —

Aber dieſe Verſuche gehören, ſo wie die ſpäteren von *Borda* über den Widerſtand des Waſſers, in eine Unterabtheilung dieſer Lehre. Ich bemerke nur noch, daſs nach *Borda* welche über denſelben Gegenſtand von *Hutton* (*Grens* Journal der Phyſ. B. V. S. 289), *Boſſut* und *Vince* (*Gilberts* Annalen der Phyſik. B. II. S. 401 und B. IV. S. 34) mit Windflügeln ſind gemacht worden. Vorher hatte *Robins* ſchon welche angeſtellt. Die Verſuche von *Borda* ſtehen in den Memoiren von 1763 und 1770.

«Die meiſten Geometer, ſagt *Borda* in der Einleitung zu ſeiner Abhandlung, die meiſten Geometer haben es für zu ſchwer gehalten, die Gröſse des Widerſtandes nach der Theorie des Stoſses zu berechnen,

weil alle Theile anders gestossen werden, und man hierauf in den Formeln unmöglich Rücksicht nehmen könnte. Was man hiebey auch an geometrischer Eleganz einbüßst, so gewinnt man dieses doppelt durch den Nutzen, welche die Künste daraus schöpfen. Und unter diesen vorzüglich der Schiffbau und die Schifffahrt. »

Versuche von Hutton mit geschossenen Kanonenkugeln.

« Nach einem weit größseren Massstabe wiederholte und erweiterte die Versuche von *Robins*, *Charles Hutton* zu *Woolwich* in den Jahren 1775 bis 85 mit einpfündigen Kanonenkugeln, und mit Pendeln von 300 bis 600 Pf. Gewicht, und bestimmte den Widerstand der Luft auf eine solche Kanonenkugel für alle Geschwindigkeiten von 0 bis zu 2000 engl. Fuss. (*Tracts mathematical* und *philosophical. Vol. I. pag.* 99). Seitdem dehnte er sie noch bis auf 6pfündige Kanonenkugeln und 1800 Pf. schwere Pendel aus. Bey solchen Kugeln, die sich mit 2000 Fuss Geschwindigkeit bewegen, beträgt der Widerstand der Luft das 100fache des Gewichts. (Trans. of the soc. of Edinb. Vol. II) » *)

*) Nach einer Note in *Gilberts* Annalen 1803 6ltes St. — Es war unmöglich, die Schriften, welche diese wichtige Versuche enthalten, vor dem Abdruck dieses Abschnitts zu bekommen. Doch werde ich vielleicht noch einige Nachträge über sie im letzten Abschnitt anführen können.

Aerostaten.

«Die Erfindung der Aerostaten (*Gehler* am Ende des Artikels *Widerstand*) eröffnete neue Aussichten für diese Lehre. Die Aerostatischen Kugeln steigen ohne alle Mitwirkung einer bewegenden Kraft, bloſs durch ihre specifische Leichtigkeit auf, und werden von einer, der Schwere entgegengesetzten beschleunigenden Kraft getrieben, deren Verhältniſs zur Schwere durch genaue Abwiegungen bestimmt werden kann. Dabey findet eine sehr mäſsige Geschwindigkeit statt, welche mehr Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung erwarten läſst. Aber alle diese Hoffnungen sind verschwunden, seitdem sich die Aerostatischen Versuche in Händen befinden, welche sie ganz zu geldbringenden Schauspielen herabwürdigen.»

Ich glaube nicht, daſs man von den Aerostaten erwarten durfte, etwas über den Widerstand zu erfahren, was man nicht schon längst wuſste. Die Bewegung des Aerostaten ist gewöhnlich zwischen 8 bis 10 Fuſs in 1 Sek. Er hat also eine Geschwindigkeit, wie die hohlen Kugeln, welche *Desaguliers* in St. Paul fallen lieſs; und für diese Geschwindigkeit ist der Widerstand seit nahe 100 Jahren völlig bekannt. Auflösungen des Problems vom Widerstande bey Aerostaten hat zuerst *Meusnier* geliefert, und nachher *Kramp* in seiner Geschichte der Aerostatik (Strasburg 1784) und seine Rechnungen mit dem Versuche auf dem Marsfelde vom 27sten Aug. 1783 verglichen.

Dieſes iſt die Geſchichte der Verſuche und der Theorieen über das Geſetz des Widerſtandes ſeit *Galiläi.* Ich werde im folgenden Abſchnitt die Verſuche erzählen, welche ich im Jahr 1802 hierüber in St. Michael anſtellte.

Vierter Abschnitt.

Versuche über das Gesetz des Widerstands der Luft auf fallende Bleykugeln. Angestellt im Jahr 1802 im Thurme der grossen Michaeliskirche in Hamburg.

1stes Stadium von 25 Fuss Fallhöhe.

2tes Stadium von 67 — —

3tes Stadium von 144 — —

4tes Stadium von 240 — —.

5tes Stadium von 321 — —

6stes Stadium von 340 — —

Folgerungen aus diesen Versuchen.

Versuche über den Widerstand der Luft auf fallendes Wasser. — Auszüge aus mehreren Briefen vom Deichinspector *Brandes* in Ekwarden, über den Widerstand der Luft und über die Versuche und Rechnungen von *Robins*, *Bernoulli*, *Euler*, *d'Arcy* und *Lambert*.

Vierter Abſchnitt.

Durch die Verſuche in St. Paul war es entſchieden, daſs die Neutonſche Theorie des Widerſtandes bey mittlern Geſchwindigkeiten mit der Erfahrung übereinſtimme; ob ſie aber daſſelbe bey groſsen Geſchwindigkeiten leiſte, das war durch die Verſuche von *Robins* wenigſtens ſehr zweifelhaft geworden.

Bey den Verſuchen über die Axendrehung der Erde muſste die Fallzeit ſehr genau bekannt ſeyn, da auf ihr die theoretiſchen Beſtimmungen der Abweichung der Kugel von der ſenkrechten beruhen. — Der groſse *Huygens* hatte gelehrt, wie man aus der Pendellänge eines Orts die Fallzeit beſtimmen könnte. Aber dieſes war nur für den leeren Raum, und alle Folgerungen, die man aus dieſem fruchtbaren Satze machen konnte, blieben ſchwankend, ſo lange der Widerſtand der Luft eine zweifelhafte Gröſse war. Zwar hatte man in London Kugeln von 255 Fuſs Höhe fallen laſſen, — aber dieſe Kugeln waren nur ſehr leichte Körper, da man ſich nicht getraute, die Fallzeiten von ſchnell fallenden Kugeln genau genug zu meſſen, um Schlüſſe daraus auf das Geſetz des Widerſtandes zu machen.

Diese Ungewisſheit über die Gröſse des Widerſtandes war die Veranlaſſung zu folgenden Verſuchen.

Ich habe dieſen Verſuchen einen gröſsern Umfang gegeben, als es wegen der Rotations-Verſuche nöthig geweſen wäre. — Aber nur eine groſse Mannichfaltigkeit der Verſuche, und die dadurch mögliche groſse Uebereinſtimmung derſelben unter ſich, konnte die Ueberzeugung geben, daſs die Genauigkeit bis auf Theile der Tertie ginge, und durch mehrere ſo ſehr verſchiedene Stadia wurde es unmöglich, daſs ſich irgendwo ein unbekannter Irrthum einſchleichen konnte, weil *die Harmonie von vielen Einzelnen nur in der Wahrheit iſt.* Zugleich hatten dieſe den Nutzen, daſs man nicht allein ſah, ob die Neutonſche Theorie mit der Erfahrung ſtimme, ſondern man fand auch, falls beyde von einander abwichen, zugleich den Punkt, wo dieſes geſchehe.

Bey folgenden Verſuchen wurden Kugeln gebraucht, deren mittlere Durchmeſſer 1,46 pariſer Zoll war. Sie beſtanden aus ungefähr 9 Theilen Bley und 1 Theil Zinn. Ihr ſpecifiſches Gewicht wurde zu 10,9 des Waſſers angenommen, und das der Luft zu $\frac{1}{800}$ des Waſſers. Die Geſchwindigkeit des Schalls zu 1038 Fuſs in 1 Sek., und die Summe der conſtanten Fehler der Uhr und der Sinne zu 12,7 Tertien.

Der Gang der Tertienuhr wurde vor und nach den Beobachtungen mit der Pendel verglichen, und wenn an demſelben Tage mehrere Reihen Verſuche gemacht wurden: ſo geſchah die Vergleichung nach drey oder vier Reihen.

Stadium von 248 pariser Fuſs.

	10. Mai.	11. Mai.	11. Mai.	15. Mai.	15. Mai.
Bar.	28,2 Z.	28,1	—	28,1	—
Therm.	20 Gr.	14	—	9	—
	1,"35	1,"31	1,"33‴	1",33	1,"36‴
	36	40	34	36	35
	33	25	37	33	29
	27	30	33	28	35
	31	37	33	34	31
	37	31	32	31	33
		32	32	28	29
		42	39	35	28
					34
	1, 32,6	1, 33, 5	1, 34, 1	1, 32,3	1, 33,3
Zeitgl.	+ 1	— 1,2	— 1,2	1,7	1,7
	1, 32,7	1, 32,3	1, 32, 9	1, 30,6	1, 31,6
Schall	— 1,5	— 1,5	— 1,5	1,5	1,5
	1, 31,2	1, 30,8	1, 31, 4	1, 29, 1	1, 30, 1
b. Fehl.	12,7	— 12,7	— 12,7	12,7	12,7
	1, 18,5	1, 18, 1	1, 18, 7	1, 16,4	1, 17,4

	15. Mai.	21. Juni.	21. Juni.	21. Juni.
Barom.	28,1 Z.	28,5	—	—
Therm.	9 Gr.	13°	—	—
	1,"33‴	1,"33‴	1,"28‴	1,"30‴
	30	31	28	25
	36	32	29	31
	30	29	35	35
	28	33	29	42
	29	29	33	30
	33	33	29	30
	31	35		
	30			
	1, 32, 2	1, 31, 9	1, 30, 1	1, 30,4
Zeitgl.	— 1,7	— 0,5	0,5	0,5
	1, 30,5	1, 31,4	1, 29, 6	1, 29, 9
Schall	— 1,5	— 1,5	1,5	1,5
	1, 29, 0	1, 29, 9	1, 28, 1	1, 28,4
b. Fehler	— 12,7	— 12.7	12,7	12,7
	1, 16,3	1, 17,2	1, 15,4	1, 15,7

	Mittel.
	1,″18,‴5
	18, 1
	18, 7
	16, 4
	17, 4
	16, 3
	17, 2
	15, 4
	15, 7
Mittel aus allen	1, 17, 08
Die Rechnung gibt	1, 17, 01
Unterſchied	0, 07 Tertien.

Dieſe groſse Uebereinſtimmung zwiſchen der Beobachtung und der Rechnung, wobey die Abweichung noch nicht 0,1 Tertie beträgt, beweiſt die gute Beſtimmung des conſtanten Fehlers auf dem Stadio von 10 Fuſs und die Richtigkeit der Vorausſetzung, daſs auf dieſem Stadio der Schall ſich durch's Holz fortgepflanzt habe.

Stadium von 67,7 pariser Fuss.

	8. Mai.	11. Mai.	11. Mai.	15. Mai.	15. Mai.
Barom.	28,2 Z.	28,1	—	28,1	—
Therm.	20 Gr.	14°	—	9°	—
	2,"32‴	2,"29‴	2,"26‴	2,"31‴	2,"30‴
	27	26	23	27	32
	27	29	20	27	38
	23	23	29	31	37
	26	27	21	28	28
	25	30	27	30	30
	27	31	28	33	28
	26	29	28	29	24
	32	20	18	33	28
	26	28	32	29	25
	26	24	22	27	
	30	22			
	31				
	2, 27,6	2, 26,5	2, 24,9	2, 29,5	2, 30,0
Zeitgl.	— 2,2	— 1,3	1,3	2,9	2,9
	2, 25,4	2, 25,2	2, 23,6	2, 26,6	2, 27,1
Schall	— 3,9	— 3,9	3,9	3,9	3,9
	2, 21,5	2, 21,3	2, 19,7	2, 22,7	2, 23,2
b.Fehler	— 12,7	— 12,7	12,7	12,7	12,7
	2, 8,8	2, 8,6	2, 7,0	2, 10,0	2, 10,5

	21. Juni.	21. Juni.	20. Sept.	20. Sept.
Barom.	28,5 Z.	—	27,7	—
Therm.	13 Gr.	—	15	—
	2,″21‴	2,″16‴	2,″27‴	2,″27‴
	27	27	27	22
	20	33	28	31
	33	25	27	31
	23	23	20	26
	24	27	32	24
	25	30	24	26
	25	32	21	28
	31	28	30	30
	18	31	25	26
	26	28		
	2, 24,8	2, 27,2	2, 26,1	2, 27,1
Zeitgl.	— 1,0	1,0	1,4	1,4
	2, 23,8	2, 26,2	2, 24,7	2, 25,7
Schall	— 3,9	3,9	3,9	3,9
	2, 19,9	2, 22,3	2, 20,8	2, 21,8
b. Fehler	— 12,7	12,7	12,7	12,7
	2, 7,2	2, 9,6	2, 8,1	2, 9,1

	Mittel.
	2,″8,‴ 8
	8, 6
	7, 0
	10, 0
	10, 5
	7, 2
	9, 6
	8, 1
	9, 1
Mittel aus allen	2, 8, 77
Die Rechnung gibt	2, 7, 55
Unterſchied	1, 22 Tertie

Dieſer Unterſchied von 1,2 Tertie zwiſchen der Beobachtung und der Rechnung iſt zu groſs und zu auffallend, als daſs man ſeine Urſache nicht nachſpüren ſollte. — In einem Fehler der Rechnung liegt er nicht,

denn diese ist dreymal wiederholt. In einem Fehler der Höhenmessung auch nicht, denn diese ist viermal zu verschiedenen Zeiten gemessen und mit dem Pendel verificiret worden. In einem Fehler der Beobachtung liegt er auch nicht, denn da 109 Beobachtungen auf diesem Stadio gemacht wurden: so setzte dieses einen Fehler in der Summe von 133 Tertien voraus, welches man, da die entfernteste Beobachtung nur 11 Tertien vom Mittel abliegt, nicht annehmen darf. In der Abweichung der Theorie von der Erfahrung liegt er auch nicht, denn beyde stimmen auf dem folgenden Stadio noch vollkommen mit einander überein. Und endlich kann er nicht in irgend einer irrigen Voraussetzung bey der Rechnung in Hinsicht der verschiedenen specifischen Gewichte der Kugel und der Luft liegen, weil dieselben Kugeln und dieselben Voraussetzungen auf diesem Stadio sind, wie auf den übrigen.

Aber wenn dieses alles diesen Fehler nicht verursachen konnte, woher kam er denn?

Ich glaube, dass er in folgendem seinen Grund hat. Bey diesem Stadio stand die Tertienuhr zwischen den Beobachtungen auf der steinernen Fensterbank; bey allen übrigen Stadien stand sie auf Holz. Durch die tiefere Temperatur der Steine bekam die Tertienuhr auch eine, und dieses wirkte vorzüglich auf die Spiralfeder, welche nächst dem Boden des Gehäuses liegt. Die Spiralfeder wurde also auf diesem Stadio etwas kürzer, die Uhr ging etwas schneller, und daher der Unterschied in der Summe von 133 Tertien. —

Man sieht hieraus, wie sehr man bey so feinen Zeitbestimmungen auf alle Umstände Rücksicht nehmen

muſs, um zu vermeiden, daſs ſich unbekannte conſtante Fehler einſchleichen. Gerade die beſtändigen Fehler ſind die ſchlimmen, alle andern kann man mit der Menge der Beobachtungen zwingen; aber bey dieſen hilft die Menge zu nichts, als zu einer größeren Beſtärkung im Irrthum. Wenn ich noch 100 Beobachtungen auf dieſem Stadio angeſtellt hätte, ich würde mich nie der Wahrheit genähert haben.

Stadium von 144 pariſer Fuſs.

	8. Mai.	11. Mai.	15. Mai.	15. Mai.
Barom.	28,2 Z.	28,1	28,1	—
Therm.	20 Gr.	14°	9	—
	3,"34'''	3,"33'''	3,"24'''	3,"31'''
	35	36	31	36
	29	32	31	33
	24	34	27	26
	32	36	27	34
	27	35	31	32
	30	29	29	34
	29	33	32	37
	27	33	33	31
	24	32	35	28
	25	28	38	
	34			
	35			
	3, 29,7	3, 32,8	3, 30,7	3, 32,2
Zeitgl.	— 3,2	3,3	4,	4,
	3, 26,5	3, 29,5	3, 26,7	3, 28,2
Schall	— 8,3	8,3	8,3	8,3
	3, 18,2	3, 21,2	3, 18,4	3, 19,9
b.Fehler	— 12,7	12,7	12,7	12,7
	3, 5,5	3, 8,5	3, 5,7	3, 7,2

	20. Sept.	20. Sept.
Barom.	27,7 Z.	—
Therm.	15 Gr.	—
	3,"34	3, 31
	23	36
	37	27
	27	33
	29	39
	34	27
	23	31
	30	24
	37	33
	30	24
	29	32
	3, 30,3	3, 30,5
Zeitgl.	2,0	2,0
	3, 28,3	3, 28,5
Schall	8,3	8,3
	3, 20,0	3, 20,2
b. Fehler	12,7	12,7
	3, 7,3	3, 7,5
		Mittel.
		3,"5,"'5
		8, 5
		5, 7
		7, 2
		7, 3
		7, 5
Mittel aus allen		3, 6, 95
Die Rechnung gibt		3, 6, 86
Unterschied		0, 09 Tertie.

Diese Uebereinstimmung der Rechnung mit den Versuchen, wo die Abweichung noch nicht 0,1 Tertie beträgt, beweist nicht allein die Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung und die richtige Bestimmung des beständigen Fehlers, sondern auch, daſs sich der beständige Fehler der Uhr während der ganzen Reihe

der Verſuche nicht geändert hat, da dieſe Verſuche gröſstentheils 4 Monate früher angeſtellt wurden, als die zur Beſtimmung des beſtändigen Fehlers.

Ich machte den 11. Mai auf dieſem Stadio einen Verſuch, ob das Mittel aus einer Reihe nachläſsig abgeſchnittener Kugeln beträchtlich verſchieden ſey von dem Mittel aus einer Reihe mit aller Sorgfalt abgeſchnittener. Der Erfolg war folgender:

	3,"30'''		
	42		3, 32,'''2
	21	Gand d. Uhr	3, 5
	37		3, 28, 7
	19	Schall	8, 3
	35		
	30		3, 20, 4
	32	beſt. Fehler	12, 7
	32	Mittel	3. 7, 7
	33	M. a. allen	3, 6, 9
	43	Unterſchied	0, 8'''
Mittel	3, 32,2		

Daſs dieſer Unterſchied nur 0,8 Tertie iſt, iſt Zufall, da oft das Mittel aus einer Reihe, mit aller Sorgfalt angeſtellter Verſuche vom Mittel aus allen Reihen um 1½ Tertie abweichet; aber man ſieht doch aus dieſer Uebereinſtimmung, daſs die Nachläſsigkeit im Beobachten zwar Fehler macht, aber keine beſtändigen. Dieſes zu wiſſen, war nicht unwichtig; da man beym letzten Mittel oft Reihen zuſammennehmen muſs, wovon einige mit gröſserer Sorgfalt angeſtellt ſind, als andere. Man würde dieſes nicht dürfen, wenn das Mittel aus den weniger guten beträchtlich von dem aus den übrigen abwiche.

An demſelben Tage machte ich auch Verſuche, ob man durch Anhäufen der Fallzeiten ein genaueres Reſultat bekommen könnte, als bey einzelnen Beobachtungen. — Ich hing 6 Kugeln neben einander. Beym Schnitt der erſten drückte ich die Uhr an; als der Schall vom Aufſchlagen heraufkam, wurde die zweyte abgeſchnitten; darauf die dritte, bis beym Schall der letzten die Uhr ſtillgehalten wurde. Das Mittel war 3, S. 25 T., ſtatt daſs es 3, S. 32 T. hätte ſeyn ſollen. Doch war auch eine Kugel etwas zu früh abgeſchnitten. Bey einem zweyten Verſuch mit 6 Kugeln war das Mittel 3, S. 39 T.; alſo wieder ſehr fehlerhaft. Weil die Kugeln von den unten gelegten Brettern wieder zurückfliegen: ſo ſchlägt jede Kugel zwey-, und oft dreymal wieder auf. Es iſt nun ſchwer, unter dieſem Kugelgepolter immer den erſten Schlag mit Sicherheit durchzuhören, und man irrt ſich daher leicht im Abſchneiden. Hat man nun fünfmal gut geſchnitten, und man irrt ſich das ſechſtemal: ſo iſt die ganze Reihe von Verſuchen verloren, da man hingegen bey einzelnen Verſuchen nie mehr, als Einen verlieren kann. Dieſer Umſtand beſtimmte mich, dieſe Methode nicht weiter zu gebrauchen, obſchon ich übrigens glaube, daſs ſich die Fehler hiebey in viel engere Gränzen einſchlieſsen laſſen, als die oben angeführten aus den erſten Verſuchen. —

Stadium von 240 pariſer Fuſs.

Bey dieſem Stadio iſt in den erſten Reihen eine Correktion von $+0{,}2'''$. Dieſe kommt daher, daſs bey den erſten Reihen die Kugeln nur 239,5

par. Fuſs fielen. Durch dieſe +0,2‴ werden ſie auf die ſpätere Fallhöhe von 240 Fuſs gebracht.

	8. Mai.*)	10. Mai.	10. Mai.	10. Mai.
Bar.	28,2 Zoll.	28,2	— —	— —
Therm.	20 Grad	12	— —	— —
	4,″36‴	4″,30‴	4″,27‴	4,32
	40	27	31	24
	31	28	28	22
	31	29	29	31
	29	28	29	31
	28	27	28	29
	29	27	30	33
	31	34	28	31
	32	28	31	23
	34	26		
	36	29	4,29,0	4,28,4
			+ 1,1	+ 1,1
	39	30		
	32	24	4,30,1	4,29,5
		30	13,9	13,9
Zeitgl.	4,32,9			
	4,1	4,28,3	4,16,2	4,15,6
		+ 11	12,7	12,7
Schall	4,28,8			
	13,9	4,29,4	4,3,5	4,2,9
		13,9	+ 2	+ 2
B.Fehl.	4,14,9			
	12,7	4,15,5	4,3,7	4.3,1
		12,7		
	4,2,2			
	+ 2	4,2,8		
		+ 2		
	4,2,4			
		4,3,0		

*) An dieſem Tage hätte der Zimmergeſell *Karſtendik* bey dieſen Verſuchen beynahe das Leben verlohren.

	15. Mai.	21. Jun.	21. Jun.
Bar.	28,1 Zoll.	28,5	— —
Therm.	9 Grad	13	— —
	4″,38‴	4,32	4,36
	34	40	31
	40	32	28
	35	33	32
	39	27	30
	34	32	27
	39	33	31
	36	37	30
	32	28	28
	38	34	32
		36	29
			36
Zeitgl.	4,36,5	4,33,1	4,33,6
	6,1	1,8	1,8
Schall	4,30,4	4,31,3	4,31,8
	13.9	13,9	13,9
B.Fehl.	4,16,5	4,17,4	4,17,9
	12,7	12,7	12,7
	4,3,8	4,4,7	4,5,2 *)

*) Am 15. Mai waren auf diesem Stadio bey den Versuchen gegenwärtig Dr. *Reimarus*, Dr. *Horner*, und die Herren Kirchenjuraten *Giefeke*, *von Graffen* und *Müller*.

Ich liefs Kugeln von 240 fallen, und *Karstenilik* war unten, um Acht zu geben, dafs Niemand über die Stelle ginge, wo die Kugeln hinfielen. Eine der Kugeln fiel so auf die Bretter,

	Mittel
	4",24'''
	3,0
	3.7
	3,1
	3.8
	4,7
	5,2
Mittel aus allen	4,3,70
die Rechnung gibt	4,2,59
Unterschied	1,11 Tertie.

dafs diefe auseinander flogen, und *Karftendik*, der diefes fieht, geht hin, um fie wieder zufammenzufchieben. — Der Bediente (*Joh. Henning*), welcher mir bey diefen Verfuchen immer treulich half, fah eben nicht hinunter, weil er grade einen Faden an eine Kugel befeftigte. Ich felbft konnte bey der Beobachtung nicht hinunter fehen und fchneide die folgende Kugel los, welche fo dicht an *Karftendik* vorbey fällt, dafs fie ihm den Hut und die Perücke abfchlägt und etwas an der Backe ftreift. — Wäre die Kugel nur zwey Finger breit mehr auf die Seite gefallen, fo wäre er verlohren gewefen. Die Kugeln hatte eine folche Gewalt, dafs fie in eichene Bohlen Löcher von 3/4 Zoll Tiefe fchlugen, und fie hätten ihm, da ihr Durchmeffer 1 1/2 Zoll war, und fie aus einer Höhe von 240 Fufs fielen, ficher die Schädelknochen kurz gefchlagen. Diefes Unglück, das an einem Haare hing, ging indefs glücklich vorüber.

Als ich den Schall der Kugel gehört und die Uhr ftill gehalten hatte, fah' ich hinunter, und fah zu meinem Erftaunen Hut und Perücke da liegen. — Aber bald fah' ich zu meiner gröfsten Freude, dafs *Karftendik* kam und beydes wiederholte. — Ich liefs noch ein paar Kugeln fallen, aber *Karftendik* fchob nicht wieder die Bretter zufammen, obfchon die nächfte Kugel fie wieder auseinanderwarf. Als ich hinunter kam, fafs er auf einer Todtenbaare, und konnte fich von feiner Altera-

Dieſer Unterſchied von 1,1 Tertie kann nicht in der Höhenmeſſung liegen, denn zwey verſchiedene Meſſungen ſtimmten bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll — auch nicht an der Rechnung, denn die iſt zweymal wiederholt, — auch nicht an einem veränderlichen Fehler der Beobachtung, den der müſste in der Summe von 78 Verſuche 86 Tertien betragen, — auch nicht in einem beſtändigen Fehler, weil dieſes Stadium und die Art die Verſuche anzuſtellen ſich durch nichts von dem von 144 Unterſchied | wie durch ſeine gröſsere Fallhöhe, unterſchied.

Es bleibt alſo wie es ſcheint kein anderer Ausweg als die Vorausſetzung, daſs bey Fallhöhen von 240 Fuſs die Neutonſche Theorie des Widerſtands ſchon anfange beträchtlich von der Erfahrung abzuweichen.

tion noch nicht wieder erholen. Ein Schluck gebranntes Waſſer und der Dialog thaten indeſs bald ihre gewohnte gute Wirkung. Aber die Scheu vor den Kugeln hielt doch noch lange bey ihm an. Nachher ſchlug eine Kugel auf die Kante eines Bretts, und fuhr ihm *par precol* vors Schienbein, obſchon er glaubte, daſs er an einer völlig ſicheren Stelle ſäſse, und einige Tage nachher, wo er oben im Thurm war, und an nichts dachte, flog eine dicht an ihn vorbey, welche auf der Uhrzeigerſtange abgeſetzt hatte. — *Karſtendik* ſchloſs hieraus, daſs er elektriſch ſey. — Er war ſchon in mehreren Fährlichkeiten. Einmal iſt er das Kirchendach hniunter gerutſcht, wo er noch zum Glück den letzten Haken zu faſſen bekam, und ein andermal iſt er inwendig vom Gewölbe der Kirche, 100 Fuſs hoch auf's Pflaſter gefallen, weil die Seile loſs lieſsen, an denen ſein Stuhl befeſtigt war. — Er hat unter *Sonin* den ganzen Thurmbau mitgemacht, und iſt auf ſeinen Wanderungen als Zimmergeſell bis an die türkiſche Grenze gekommen.

Wenn dieſe Vorausſetzung die richtige iſt, ſo muſs auf dem folgenden Stadio von 321 Fuſs dieſe Abweichung noch beträchtlicher werden, — theils weil die Kugel noch 81 Fuſs weiter fallen muſs, theils weil ſie ſich wegen der gröſseren Fallhöhen immer noch mehr von der mittleren Geſchwindigkeit entfernte.

Stadium von 321 par. Fuſs.

	15. Mai.	15. Mai.	15. Mai.	15. Mai.
Barom.	28,1 Z.	—	—	—
Therm.	9 Gr.	—	—	—
	5,"26'''	5,"25'''	5,"19'''	5,"23'''
	25	31	31	24
	30	25	29	22
	29	20	30	30
	22	30	27	29
	23	21	31	31
	26	26	17	23
	23	36	22	24
	25	26	20	29
	5, 25, 4	5, 26, 6	5, 25, 1	5, 26, 1
Zeitgl. —	6, 2	6, 2	6, 2	6, 2
	5, 19, 2	5, 20, 4	5, 19, 9	5, 19, 9
Schall —	18, 5	18, 5	18, 5	18, 5
	5, 0, 7	5, 1, 9	5, 0, 4	5, 1, 4
b. Fehler —	12, 7	12, 7	12, 7	12, 7
	4, 48, 0	4, 49, 2	4, 47, 7	4, 48, 7

	21. Junius.	21. Junius.	23. Junius.
Bar.	28,5 Zoll.	—	—
Therm.	13 Grad.	—	—
	5",31"'	5",23"'	5",21"'
	30	24	29
	15	19	22
	29	25	19
	16	15	24
	22	23	27
	21	26	21
	18	18	21
	22	15	26
	18	22	
	27		
	25		
	5,22,8	5,21,0	5,23,3
Zeitgl.	2,9	1,9	2,9
	5,19,9	5,19,1	5,20,4
Schall	18,5	18,5	18,5
	5, 1,4	5, 0,6	5, 1,9
B. Fehler.	12,7	12,7	12,7
	4",48"',7	4",47"',9	4",48"',2

Mittel.

	4",48"',0
	49, 2
	47, 7
	48, 7
	48, 7
	47, 9
	48, 2
Mittel aus allen	4, 48, 30
die Rechnung gibt	4, 41, 89
Unterschied	6, 41 Tertien.

Diese Abweichung von 6,4 Tertie zwischen der Rechnung und den Versuchen konnte ihren Grund in zwey Ursachen haben. Nemlich 1stens in der Abweichung der Neutonschen Theorie von der Erfahrung, und 2tens in einem constanten Fehler, der vom Bau des Thurms herrührte. Das Stadium von 321 Fuss liegt nehmlich in der Kuppel, und die Kugeln müssen bey ihrem Fall durch die hohle Säule, um welche die Wendeltreppe läuft. Da in dieser beständig Luftzug ist, so war es möglich, dass dieser den Fall der Kugel langsamer machte. Zugleich hörte man auf diesem Stadio den Schall, der durch die enge Säule durch muste, nur sehr schwach, und auch dieses konnte einen Einfluss auf die Fallzeit haben, der beständig war, und also durch keine Anzahl von Beobachtungen konnte gehoben werden.

Die Frage: ob dieser Unterschied zwischen der Rechnung und den Versuchen — an der Theorie oder an der Erfahrung lag, liess sich leicht entscheiden, da die Fallzeit aus den vorigen Versuchen für 240 Fuss Höhe bekannt war. — Ich durfte nur ein kleineres Stadium in der Spitze wählen, und zwar so, dass die Kugeln bey ihrem Fall durch die Säule durch musten. Stimmten diese Versuche mit denen unten im Thurm, so lag der Fehler an der Neutonschen Theorie; stimmten sie nicht, so lag er an der hohlen Säule.

Ich legte desswegen die Fallthüre im vierten Boden zu, und liess nun wieder die Kugeln von 321 Fuss fallen. Diese Fallthüre ist 86,6 par. Fuss vom Fussboden des Thurms, und die Fallhöhe war also 321 —

86,6 = 234,4 par. Fuſs. Ich legte, damit die Kugeln die Fallthüre nicht entzwei ſchlugen, wieder eben ſolche Bretter unter, wie bey den vorigen Verſuchen unten auf dem Pflaſter lagen, und hörte den Schall nicht ſtärker, als bey der Fallhöhe von 320 Fuſs.

234,4 par. Fuſs Fallhöhe.

	31. Aug.	31. Aug.	6. Sept.	6. Aug.
Bar.	28,4 Zoll.	—	28 Zoll	—
Therm.	15 Grad	—	13 Grad	—
	4″,30	4,25	4,27	4,35
	25	30	31	30
	26	30	31	31
	34	25	30	29
	19	18	22	30
	22	30	25	30
	21	20	33	33
		30	26	33
			35	30
	4,25,3	4,26,0	4,28,9	4,31,2
Zeitgl.	0,7	+ 0,7	— 0,8	— 2,6
	4,26,0	4,26,7	4,28,1	4,28,6
Schall	13,6	13,6	13,6	13,6
	4,12,4	4,13,1	4,14,5	4,15,0
B. Fehl.	12,7	12,7	12,7	12,7
	3,59,7	4,0,4	4,1,8	4,2,3

	Mittel.
	3″,59‴,7
	4, 0, 4
	4, 1, 8
	4, 2, 3
Mittel aus allen	4, 1, 05
Nach den untern Verſ.	4, 0, 67
Unterſchied	0, 38 Tertie.

Dieſe Uebereinſtimmung der Verſuche bis auf ungefähr 0,4 Tertie beweiſst, daſs beym Fall der Kugel durch die Säule kein beſtändiger Fehler ſtatt gefunden hat. Die Anzahl der Beobachtungen iſt nicht groſs genug, um für 0,4‴ ſicher zu ſeyn; will man ſie indeſs als was conſtantes anſehen, ſo bleiben immer noch 6 Tertien Unterſchied zwiſchen der Neutonſchen Theorie und den Verſuchen.

Dieſe Verſuche beſtätigen alſo dasjenige, was *Robins* ſchon vor 60 Jahren behauptete, daſs nämlich bey groſsen Geſchwindigkeiten der Widerſtand viel gröſser ſey, als ihn die Theorie angibt. Und obſchon ſpäter die Verſuche von *d'Arcy* daſſelbe zu beweiſen ſchienen, ſo nahm doch *Lambert* die Theorie gegen beyde in Schutz, und aus der Lebhaſtigkeit, mit der er es that, läſst ſich vielleicht ſchlieſsen, daſs er ſie gegen dieſe Verſuche eben ſo ſcharfſinnig vertheidigen würde. — Ich möchte wünſchen, daſs er noch lebte; das Glück, einen Leſer und Commentator zu haben, wie die von *Robins* und *d'Arcy* waren, iſt ſelten. Es gibt Fälle, die ſo verwickelt und ſo fein ſind, daſs man bey aller Unpartheylichkeit doch Gefahr läuft, an der Wahrheit vorbeyzugreiſen, „und in dieſen Fällen, ſagt *Georg Forſter*, ſteht die Wahr-

heit nie ſicherer, als wenn einem kräftigen *pro* ein eben ſo kräftiges *contra* gegenüber ſteht.» —

Ich tadele es gar nicht, daſs man eine Theorie gegen die widerſprechende Erfahrungen vertheidigt, ſo lange es nur *ſine ira et ſtudio* angeht. Einer der neueren franzöſiſchen Chemiker ſagte bey Gelegenheit der Ritterſchen Verſuche:» »Man müſste das Lavoi»ſierſche Syſtem nicht aufgeben, auch wenn es ent»ſchieden wäre, daſs ihm einige Erfahrungen wider»ſprächen.» Dieſes iſt ſtark ausgedrückt, aber in der Sache liegt etwas wahres. Syſteme und Theorieen ſind für unſer Wiſſen ſo nothwendig, als die Sprache. Daſs beyde Fehler haben, hindert ihren Gebrauch nicht, ſobald ihre Fehler nur nicht zu viel werden, und es iſt immer beſſer, eine Theorie zu haben, von der man weiſs, daſs ſie einige Fehler hat, als gar keine; obſchon es nicht zu läugnen iſt, daſs es noch beſſer ſey, eine zu haben, die keine Fehler hat. Aber dieſes alles führt die Zeit langſam und von ſelbſt herbey. Werden der Erfahrungen viele gefunden die von der Theorie abweichen, ſo ſetzt dieſes ein Fortſchreiten in den Kenntniſſen voraus, — und dieſes Fortſchreiten führt jenen Ueberblick über Theorie und Erfahrung herbey, durch den es möglich iſt, die Natur zweckmäſsig zu fragen. Auf entſcheidende Fragen erfolgen immer entſcheidende Antworten, und wenn das Jahrzehend oder das Jahrhundert erſt ſo weit in ſeinen Kenntniſſen fortgeſchritten iſt, daſs es jene thut und dieſe erhält, dann iſt es auch fähig, eine Neue Theorie

zu bauen, welche die **alten** Erfahrungen vereinigt und die **neuen**.

Man ſieht aus dieſen Verſuchen, daſs bis 144 Fuſs Fallhöhe, oder bis zur Geſchwindigkeit von 91 Fuſs in 1 Sek. die Neutonſche Theorie des Widerſtands vollkommen gut mit der Erfahrung ſtimmt.

Bey 240 Fuſs Fallhöhe, oder bey der Geſchwindigkeit von 113 Fuſs in 1 Sek., wird ſchon der Widerſtand etwas gröſser als ihn die Theorie angibt.

Bey 321 Fuſs Fallhöhe, oder bey 117 Fuſs Geſchwindigkeit in 1 Sek., wird er ſchnell beträchtlich gröſser, als die Theorie. Die Kugel ſcheint hier ſchon die Geſchwindigkeit erreicht zu haben, wo die Luft vor der Kugel nicht ſchnell genug abflieſsen, und hinter der Kugel nicht ſchnell genug nachflieſsen kann; wo alſo die Kugel vor ſich verdickte Luft und hinter ſich einen leeren Raum bekommt. Auf dieſen doppelten Widerſtand nimmt die Theorie keine Rückſicht, und es iſt daher unmöglich, daſs ſie mit der Erfahrung übereinſtimmen kann. Der leere Raum hinter der Kugel nähert ſich aller Wahrſcheinlichkeit nach ſchnell einer unveränderlichen Gröſse, indeſs das Verdichten der Luft vor der Kugel noch immer zunimmt. Es iſt daher vorauszuſehen, daſs die Widerſtands-Curve auf dieſer Stelle eine ſehr irreguläre Krümmung haben wird.

Es war nun noch das Stadium von 340 Fuſs übrig; aber auf dieſem konnte ich den Schall vom Aufſchlagen der Kugel nicht mehr hören. Der Schall, der ſchon auf 321 ſehr ſchwach war, muſste noch durch zwey Boden hindurch, um auf 340 zu kommen, er

war dann ſo ſchwach, daſs man ihn im Wehen des Windes, der um die kupferne Kuppel ſpielt, und im Lerm des Tages, der aus den volkreichen Straſsen dumpf hinauſtoſte, nicht unterſcheiden konnte. Wenn man in einer ſtillen Nacht dieſe Verſuche machen könnte, ſo glaube ich, daſs man den Schall noch wohl würde hören können.

Ich habe indeſs einige Verſuche von 340 gemacht, wo ich die Fallzeit nicht nach dem Schall, ſondern nach dem Auffpringen der Bretter beſtimmte.

Der 1ſte	Verſuch	gab	5″, 16‴	
2te	—	—	24	etwas zu lang.
3	—	—	14	
4	—	—	28	etwas zu lang.
5	—	—	27	
6	—	—	15	
7	—	—	13	
8	—	—	19	
9	—	—	22	
10	—	—	30	
Mittel ohne 2 und 4		=	5, 19, 5	
Zeitgl.			31	
B. Fehler			5, 16, 4	
			12, 7	
			5, 3, 7	

Dieſes Mittel iſt indeſs ſehr ungewiſs, theils weil der Verſuche ſo wenige ſind, und theils weil der conſtante Fehler beym Auffpringen der Bretter eine völlig unbekannte Gröſse iſt. Daſs ich nämlich die Bretter immer etwas ſpäter auffpringen ſah, als die Kugel angekommen, das iſt wohl ſicher; aber wie viel ſpäter, das kann ich nicht beſtimmen. Wenn man indeſs an-

nimmt, dafs diefer conftante Fehler des Auffpringens ungefähr eben fo grofs war, als der conftante Fehler des Sinns, nämlich 3,7 Tertien: fo bleiben noch gerade 5 Sek. für die Fallzeit. Die Neutonfche Theorie gibt 4, S. 50,5 T. Der Unterfchied zwifchen der Theorie und den Verfuchen ift alfo $9\frac{1}{2}$ Tertie. Obfchon diefe Gröfse aus den angeführten Urfachen um mehrere Tertien ungewifs ift, fo fieht man doch felbft aus diefen rohen Verfuchen, dafs auf 340 Fufs Fallhöhe die Fallzeit beträchtlich länger war, als die Theorie fie angibt.

Der Urfachen, warum ich auf diefem Stadio nicht mehrere Verfuche anftellte und den conftanten Fehler beftimmte, waren mehrere. 1) Mifslangen auf 340 F. von 4 Verfuchen immer 3. Zu den angeführten 10 Verfuchen habe ich etliche 40 Kugeln fallen laffen. Die Stange, welche den nördlichen Uhrzeiger dreht, hat eine folche Lage, dafs die Kugeln von 340 fehr nahe an ihr vorbeygehen. Ging nun die Kugel fchief, fo traf fie entweder die Stange, — oder, wenn fie auch glücklich vorbeykam, fo verdeckte mir die Stange das Auffpringen der Bretter, und der Verfuch war verloren. Ich hätte freylich Kugeln gebrauchen können, die immer auf diefelbe Stelle fchlagen; aber diefes wäre zu koftbar gewefen, weil fie fehr forgfältig müffen gedreht feyn, und jede Kugel nur einmal kann gebraucht werden.

2) Wenn aber auch alle Verfuche gelungen wären, fo hätten wenigftens noch 150 müffen gemacht werden, ehe man die Fallzeit auf 340 eben fo genau gehabt hätte, wie auf den übrigen Stadien. Von diefen 150 Ver-

ſuchen wären allein ungefähr 80 auf die Beſtimmung des conſtanten Fehlers gegangen.

3) Als ich dieſe Verſuche anſtellte, da wuſste ich ſchon, daſs man von 340 keine Kugeln für die Axendrehung könnte fallen laſſen, weil der Luftzug in der hohlen Säule die Richtung ihres Falls ändert. Ich brauchte alſo wegen der Rotations-Verſuche die Fallzeit von 340 Fuſs nicht zu wiſſen; und übrigens fühlte ich keinen Beruf dazu, Verſuche anzuſtellen, wo ein ſo ungünſtiges Verhältniſs zwiſchen dem Kraftaufwande und dem Erfolge war. Denn daſs das Neutonſche Geſetz des Widerſtandes auf dieſen Fallhöhen ſchon beträchtlich von der Entfernung abweiche, das wuſste man ohnehin; um aber nun durch die Erfahrung die Punkte zu beſtimmen, durch welche die *wahre Widerſtandskurve* durchgezogen wird — dazu gehörte eine ganz andere Reihe von Verſuchen und Stadien, als ich in St. Michael gebraucht habe. Ich ſchloſs deswegen mit dieſen Verſuchen die Unterſuchungen über die Neutonſche Theorie vom Widerſtande der Luft.

Folgende Tafel enthält die Reſultate aller Verſuche:

Bürgerliche Zeit.

Fallhöhe.	Erfahrung.	Theorie.	Unterſch.
24,8	1, 17, 08	1, 17, 01	0, 07
67,7	2, 8, 77	2, 7, 55	1, 22
144,0	3, 6, 95	3, 6, 86	0, 09
240,0	4, 3, 70	4, 2, 59	1, 11
321,0	4, 48, 30	4, 41, 89	6, 41
340,0	5, 0, 00	4, 50, 50	9, 50
234,4	4, 1, 05	3, 59, 67	1, 38

Oder in Dezimal-Zeit.

Fallhöhe	Erfahrung.	Theorie.	Unterſchied.
24,8	1,″ 48,‴ 55	1,″ 48,‴ 55	0,″ 13
67,7	2, 48, 39	2, 46, 09	2, 30
144,0	3, 60, 61	3, 60, 45	0, 16
240,0	4, 70, 09	4, 67, 94	2, 15
321,0	5, 56, 13	6, 43, 76	12, 37
340,0	5, 78, 70	5, 60, 37	18, 33
234,0	4, 64, 99	4, 62, 32	4, 67

Alle Verſuche, die ich angeſtellt, habe ich angeführt, und nur die weggelaſſen, bey denen ich mir eines Fehlers bewuſst war, und dann die, welche über die gewöhnliche Fehlergrenze vom Mittel abweichen. Dieſer waren etwa von 8 Einer. Bey der groſsen Anzahl der Verſuche konnte es das Mittel nicht beträchtlich ändern, wenn von dieſen letztern einer weggelaſsen wurde, welcher hätte bleiben ſollen, oder umgekehrt. — Da dieſes noch zudem auf dem einen Stadio eben ſo gut ſeyn konnte, wie auf dem anderen, und da ich nur Zeitunterſchiede und keine abſolute Zeiten beſtimmte, ſo wurde der Einfluſs hierdurch noch vermindert. Bey 80 Verſuchen ändern zwey Beobachtungen, wovon jede 8 Tertien vom Mittel abliegt, dieſes nur um 0,2‴. Obſchon die Ungewiſsheit, die durch dieſes Weglaſsen entſteht, wenn es *ſine ſtudio* geſchieht, nur ſehr klein iſt, ſo glaube ich doch, daſs es beſſer iſt, alle Beobachtungen ohne Unterſchied anzuführen, die man gemacht hat, — ſowohl die guten als die ſchlechten, und hernach die mit Sternchen zu bezeichnen, die man beym Mittel wegläſst.

Durch diese Entfernung aller Willkühr erhalten die Versuche jene Eleganz und jene Sicherheit und Festigkeit, die sie bedürfen, wenn sie zu Grundsteinen am großen Gebäude des menschlichen Wissens sollen gebraucht werden.

Meine Versuche konnten diese Eleganz entbehren, weil sie weniger zum Aufbauen, als zum Niederreißsen bestimmt sind, — und weil sie überall die Genauigkeit noch nicht haben, welcher die Versuche mit Tertienuhren fähig sind. — Ich habe Kugeln gebraucht, deren specifisches Gewicht nicht unmittelbar bestimmt war, u. die durch mehrmaliges Fallen oft schon sehr an ihrer Kugelgestalt gelitten hatten; ich habe kein Manometer gebraucht, und den Stand des Barometers und Thermometers nur mit angeführt, weil es einmal so Sitte ist. Bey den Rechnungen ist weiter keine Rücksicht darauf genommen worden; nur die Bestimmung des specifischen Gewichts der Luft zu $\frac{1}{800}$ d. Wassers ist aus den Barometer-Beobachtungen, die ich in St. Michael machte, unmittelbar hergeleitet worden. Auch ist bey der Rechnung auf die verschiedene Dichtigkeit der Luft oben und unten im Thurm keine Rücksicht genommen, obschon *La Hire* glaubte, daſs dieses *Mariotte* schon bey den Versuchen auf der Pariser Sternwarte hätte thun sollen. — Wenn einmal Versuche angestellt werden, die nicht zum Niederreißsen, sondern zum Aufbauen bestimmt sind: so muſs auf dieses alles Rücksicht genommen werden, denn diese müssen auf jedem Stadio bis auf die Dezimale der Tertie sicher seyn; und wenn die Stadien auch so nahe bey einander liegen, daſs das folgende nur 3 Zoll höher ist, als

das vorhergehende: ſo müſſen die Mittel dennoch ordentlich auf einander folgen, ohne irgendwo in einander zu greifen. Wenn man eine gute Tertienuhr hat, und eine kleine Pendel im Thurm, mit der man ſie beſtändig vergleichen kann: ſo erhält man dieſe Genauigkeit ſchon mit 50 Verſuchen, und man kann hiebey immer dieſelben Kugeln gebrauchen; denn dieſe verlieren ihre runde Geſtalt nicht, wenn man etwas Zink zuſetzt, und unten den Fuſsboden mit Matten belegt, damit ſie beym Rückſchlage nicht auf die Steine fallen.

Meine Kugeln hatten auch nicht alle genau dieſelbe Gröſse. Ihren mittleren Durchmeſſer beſtimmte ich zu 1,46 pariſer Zoll aus folgenden Kugeln:

1 Kugel	1, 7	engl. Zoll.
2 —	1, 5	
3 —	1,49	
4 —	1,61	
5 —	1,53	
6 —	1,59	
7 —	1, 6	
8 —	1,49	
9 —	1, 6	
10 —	1,48	
Mittel	1,56	engl. Zoll = 1,46 pariſer Zoll.

Wie klein indeſs die Anomalien ſind, die aus den angeführten Fehlern entſtehen, wie ſehr ſie ſich gegen einander aufheben, und wie verſchwindend klein ſie durch den Umſtand werden, daſs keine abſolute Zeiten, ſondern nur Zeitumſtände gemeſſen wurden, das ſieht man an der Uebereinſtimmung zwiſchen der Rech-

nung und den Verſuchen auf den Stadien von 25 und 144 Fuſs. Und eine Uebereinſtimmung, die bis auf 0,1‴ geht, kann nicht Zufall ſeyn, weil dieſer nur da walten kann, wo der Erfahrungen wenige ſind, und die Fehlergränze weit iſt. Zwar ſind auch der Erfahrungen hier nicht viele, aber bey der groſsen Enge der Fehlergränze iſt es nicht möglich, daſs es zweymal bis auf die Dezimale der Tertie zutreffen könnte, wenn die Beobachtungen nicht genau wären.

Eben ſo ſtimmen auch 240 und 234 bis auf 0,4‴ mit einander überein, obſchon die Verſuche in beyden zu ganz verſchiedenen Zeiten und unter ganz verſchiedenen Umſtänden gemacht wurden, und obſchon bey 234 ſtatt 8 Reihen Verſuche nur 7 angeſtellt ſind.

Verſuche über den Widerſtand der Luft auf fallendes Waſſer.

Die Veranlaſſung zu dieſen Verſuchen war eine Bemerkung des Juſtitzraths *Bugge* im A. I. B. 1796 S. 210 über die verſchiedene Menge des gefallenen Regens an demſelben Orte, in Höhen, die nicht ſehr von einander verſchieden ſind. — Er fand nämlich, daſs innerhalb 6 Jahren auf dem Pflaſter von Copenhagen ein Viertheil mehr Regen gefallen war, als auf der Sternwarte, welche 120 Fuſs höher iſt. Ich fand nachher, daſs man dieſelbe Bemerkung bey den Regenmeſſern auf der Abtey zu Windſor gemacht habe.

Es iſt natürlich, daſs man in einer Lehre, die ſo wichtig iſt, wie die vom Regen, und zugleich noch ſo dunkel, alles verſucht, von dem man nur entfernt glauben kann, daſs es, wo nicht zu einem Aufſchluſs, doch wenigſtens zu einer Frage führen kann. Da ich nun glaubte, daſs man vielleicht einmal irgendwo in der Lehre vom Regen Gebrauch von dem Widerſtande der Luft auf fallendes Waſſer machen könnte, und da ich ſah, daſs dieſe Verſuche alle in einem Nachmittage mit der Tertienuhr konnten angeſtellt werden: ſo machte ich ſie als Epiſode, — und erzähle ſie auch hier ſo.

Die Art, wie ich dieſe Verſuche machte, war folgende: Ich ließs oben ein flaches Gefäſs mit Waſſer ausgieſsen, in welchem eine kleine Bleykugel von 0,558 par. Zoll Durchmeſſer lag. — Da Kugel und Waſſer zugleich anfingen zu fallen, und da zugleich die Fallzeit der Kugel bekannt war: ſo fand ich die Fallzeit

Waſſers, wenn ich unten den Zeitunterſchied zwiſchen der Ankunſt der Kugel und der des Waſſers maſs. Ich ſtellte dieſe Verſuche am 30ſten Sept. an.

	67 F.	144 F.	240 F.	321 F.
	40	2, 20	4, 55	8, 29
	52	34	59	17
	37	36	60	0
	49	29	63	32
	44	22		24
				19
	44,4	2, 24,2	4, 59,8	8, 20
Zeitgl,	4	1,2	2,5	6
	44,0	2, 23,0	4, 57,3	8, 14
b.F.derUhr	9	9	9	9
	35,0	2, 14	4, 48,3	8, 5

Folgende Tafel gibt nun die wahre Fallzeit des Waſſers:

Fallhöhe.	Berechnete Zeiten für die Kugel.	Verſpätung des Waſſers.	Fallzeit des Waſſers.
67	2, 7, 6	35,	2, 42, 6
144	3, 13, 3	2, 14,	5, 27,
240	4, 7, 8	4, 48, 3	8, 56, 1
321	4, 5, 0	8, 5,	12, 55,

Man ſieht, daſs, ſo wie die Fallhöhe zunahm, ſich auch die Waſſertropfen immer mehr vertheilten und kleiner wurden, wodurch der Widerſtand immer zunahm. Bey 67 Fuſs Fallhöhe kam das Waſſer noch als ein an einander hängender Strahl herunter; aber bey 321 Fuſs waren es nur noch einzelne Tropfen, da in der Säule immer viel verloren ging.

Uebrigens löſte ſich das Waſſer hiebey nicht in einen feinen Staub auf, wie dieſes *Deſaguliers* in St. Paul bemerkte, als er davon eine Bouteille voll aus-

goſs. Dieſes kam vielleicht daher, daſs *Deſaguliers* Bouteille eine enge Oeffnung hatte, das Gefäſs hingegen, welches in St. Michael gebraucht wurde, war flach. Das Waſſer würde aus den Kaſten genommen, in welchem ſich das Regenwaſſer im Thurm ſammelt.

Eine Bouteille, die von oben heruntergeworfen wurde, fiel zu feinem Glasſtaub.

Ich wollte auch noch einen Verſuch mit Queckſilber machen, und dieſes von oben ausgieſsen, um zu ſehen, ob es vielleicht bey dieſer ſchnellen Bewegung durch die Luft im Finſtern leuchte. Aber die Schwierigkeit, des Abends im Thurm zu ſeyn, machte, daſs dieſes unterblieb. Zudem kann man den Verſuch noch beſſer anſtellen, wenn man des Nachts Queckſilber ſenkrecht in die Höhe ſchieſst.

Nach einer Stelle in *Lambert* hat *Bernoulli* in Petersburg ähnliche Verſuche über den Widerſtand der Luft auf fallendes Waſſer gemacht, aber er ſagt nicht, wo ſie ſtehen.

Mein Freund *Brandes* in Ekwarden war ſo gütig, die Berechnung dieſer Verſuche zu übernehmen. Die Gründe, worauf dieſe Rechnungen beruhen, finden ſich, nebſt einigen Bemerkungen über die Verſuche von *Robins*, *Bernoulli* und *d'Arcy*, in folgenden Auszügen aus mehreren Briefen, die er mir über dieſen Gegenſtand ſchrieb.

Es iſt vortheilhaft, wenn der, welcher die Verſuche macht, um 15 Meilen von dem, der ſie berechnet, entfernt iſt. — Der Wunſch, daſs die Verſuche mit einer angenommenen Meinung übereinſtimmen, iſt oft

nicht vortheilhaft für dieſe, beſonders, wenn der Beobachter ſehr dicht vor ihnen ſteht, oder, vom Beobachten und Rechnen ermüdet, durch jenes die Ueberſicht, und durch dieſes einen Theil der Kraft und der Freyheit des Geiſtes verloren hat. In verwickelten Fällen, wo nur ein richtig anſprechendes Gefühl über Hinweglaſſen oder Hinzuthun entſcheiden kann, ſpricht der Wunſch der Uebereinſtimmung oft ſo laut, daſs die leiſe redende Wahrheit überhört wird. — Und dieſes kann ſelbſt bey Menſchen der Fall ſeyn, die bey ruhigem Gefühle und bey freyer Ueberſicht des Gegenſtandes ſo gerecht und ſo ſtrenge gegen ihre eigenen Arbeiten ſind, wie gegen die eines Fremden.

Aber wenn auch, ungeachtet des Mangels an Ueberſicht, und ungeachtet der Müdigkeit vom Arbeiten, der Wunſch der Uebereinſtimmung keinen Einfluſs auf die Beobachtungen hat: ſo ſtöhrt doch dieſer Wunſch die natürliche Freude, die der Menſch an ſeinen Arbeiten hat, ſobald er nicht wegen des Effekts oder wegen vorgefaſster Meinungen, ſondern aus natürlicher Neigung zur Wahrheit arbeitet. — Dieſes unbefangene Suchen wird ſehr dadurch erleichtert, wenn ſich zwey in die Beobachtung und Rechnung theilen. Der eine kann dann nichts herausrechnen, wozu der andere ihm keine Data liefert; und dieſer kann keine Erfahrungen aufſtellen, wozu die Rechnung den Schluſsſtein verſagt, der das Ganze hält und beſtätigt. — Sind nun beyde noch obendrein verſchiedener Meinung, ſo kann man ſicher ſeyn, daſs die Gerechtigkeit in einem ſolchen Gemeinweſen ſehr gut gehandhabt wird.

Berechnung der Verſuche über den Widerſtand in St. Michael vom Deichinſpektor Brandes in Ekwarden.

Den 10ten Januar 1803.

Die Formel, welche die Geſetze des Falls in freyer Luft für ſolche Körper enthält, denen keine anfängliche Geſchwindigkeit mitgetheilt iſt, iſt in der hier am brauchbarſten Form folgende: $t = \frac{k}{4g\sqrt{p}}$ log. natur.

$$\frac{1+\sqrt{\left(1-l^{\frac{-4gx}{k^2}}\right)}}{1-\sqrt{\left(1-l^{\frac{-4gx}{k^2}}\right)}}$$

, wo die Buchſtaben folgende Bedeutungen haben. x iſt die Höhe, von welcher der Körper gefallen iſt; t die Zeit, welche er, um dieſen Weg zu durchlaufen, nöthig hatte. Ferner iſt p die beſchleunigende Kraft der Schwere, mit welcher ſie auf den in der Luft ſchwebenden Körper wirkt, wobey ihre abſolute Kraft, mit der ſie Körper im Vacuo niedertreibt, $= 1$ geſetzt wird. g iſt der Raum, den *ein* im Vacuo frey fallender Körper in der 1ſten Sekunde zurücklegt; k der Exponent des Widerſtandes, oder diejenige Geſchwindigkeit, bey welcher die Kraft des Widerſtandes $= 1$ der natürlichen Schwere gleich iſt, und endlich l die Baſis des natürlichen Logarithmen-Syſtems. Der Exponent des Widerſtandes hängt bekanntlich von der Geſtalt des fallenden Körpers und von dem Verhältniſs ſeiner ſpecifiſchen Schwere zu der der Luft ab. Hier, wo nur von Kugeln die Rede iſt, wird $k = \frac{\sqrt{32 \cdot mrg}}{3n}$, wenn $\frac{m}{n}$ anzeigt, wie vielmal

die fallende Kugel dichter, als Luft ist, *r* aber den Halbmesser der Kugel bedeutet.

Bey den im Michaelisthurm gebrauchten Kugeln war der Durchmesser = 1,46 par. Duodezimalzoll, also r = 0,061 par. Fuss. Ihr specifisches Gewicht war ungefähr 10,9mal grösser, als das des Wassers, und das specifische Gewicht der Luft wurde zu $\frac{1}{800}$ des Wassers angenommen; so geben es die barometrischen Messungen im Thurm.

Hieraus folgt $\frac{m}{n} = 8720$, und p = 0,999885. Es fehlt also noch die Bestimmung der Grösse g. — Nach *La Place expos. du syst. du monde* fand *Borda* in Paris die Länge des Centesimal Pendels = 2,28386 par. Fuss. Dieses gibt die Länge des bis jetzt gewöhnlichen Sekundenpendels = 3,0594. Nun ist ferner nach *La Place* die Länge des Pendels in London = 1,00018, wenn man sie für Paris = 1 setzt. Für das nördlichere Hamburg würde sie demnach 1,00025 = 3,06016 p. F. = 440,79 Linien seyn. — Nach der Londner Bestimmung könnte man es noch länger nehmen, aber die Angabe des Herrn von *Zach* für *Gotha* erregt gegen jene Bestimmung einiges Misstrauen. *g* wäre demnach = 15,1013 par. Fuss, eine Angabe, die in den Tausendtheilen des Fusses schon unrichtig seyn kann, wenn die angenommene Pendellänge nicht genau die richtigste ist.

Nimmt man alle diese Zahlen als genau an, so ist der Exponent des Widerstandes k = 292,7148 par. F., und die theoretische Bestimmung der *Zeit* des Falls

durch bestimmte Räume, hat nun weiter keine Schwierigkeit mehr.

Folgende Tafel gibt die Fallzeiten, für den Fall im Leeren, für den in der Luft, dann die Beobachtung und ihre Abweichungen von der Theorie.

Fallhöhe.	Berechn. d. Fallz. im Leeren —	in der Luft	Beobachtete.	Unterschied
24,8	1″,16‴,89	1″,17,‴01	1,″17,‴08	0,‴07
67,7	2, 7, 04	2, 7, 55	2, 8, 77	1, 22
144,0	3, 5, 28	3, 6, 86	3, 6, 95	0, 09
240,0	3, 59, 20	4, 2, 59	4, 3, 70	1, 11
321,0	4, 36, 63	4, 41, 89	4, 48, 30	6, 41
340,0	4, 44, 70	4, 50, 50	5, 0, 0	9, 50
234,4	3, 56, 39	3, 59, 67	4, 1, 05	1, 38

Für 10 par. Fuss Fallhöhe gibt die Rechnung für den Fall im Leeren 48‴,825 in der Luft 48‴,86 die Beobachtung 52‴,53 also der constante Fehler des Sinnes 3,67 Tertie.

* * *

Bey 321 Fuss Fallhöhe geben die Beobachtungen 6 Tertien mehr wie die Theorie, — eine Differenz die viel zu gross ist, um sie aus einer Ungewissheit in den Beobachtungen zu erklären. —

Es lassen sich, so viel ich einsehe, nur drey Hypothesen zur Erklärung dieses Unterschiedes denken. — 1) Diese Differenz konnte nähmlich von einem Local-Hinderniss herrühren, das den Fall oder den Schall verzögerte. — Oder es konnten 2) fehlerhafte Voraussetzungen bey der Rechnung zum Grunde gelegt seyn,

die erſt bey dieſer gröſsern Fallhöhe merkliche Abweichungen von der Wahrheit geben. Oder endlich 3) konnte die Theorie, worauf ſich die Rechnung gründete, fehlerhaft ſeyn.

Die erſte Vermuthung fällt durch die Beobachtungen auf 234 Fuſs Fallhöhe weg, weil bis 86 Fuſs vom Pflaſter die Kugeln doch aller Wahrſcheinlichkeit nach gleich geſchwind fielen, ihre Beſtimmung mochte nur zu 321 Fuſs ſeyn oder zu 234. Wenigſtens iſt nicht wohl anzunehmen, daſs die Kugeln, wenn ſie eben den weitern Weg von 321 Fuſs vor ſich ſehen, langſamer zu fallen anfingen, um ſich nicht ſo wehe zu thun. — Die Retardation geſchah alſo in den unterſten 86 Fuſs, wo der Thurm völlig frey und offen iſt. (S. Taf. II.)

Auch die zweyte Vorausſetzung, daſs die bey der Rechnung zum Grunde gelegten Beſtimmungen fehlerhaft ſeyn könnten, führt zu keiner befriedigenden Erklärung. Indeſs verdient ſie doch um ſo mehr eine ſorgfältige Betrachtung, da wirklich einige der conſtanten Gröſsen nicht vollkommen genau beſtimmt ſind, und es wenigſtens möglich iſt, daſs ein hiebey ſtatt findender Irrthum eine Miturſache jener Differenz iſt. — Um zu unterſuchen, wie viel dieſes betragen könne, ſetze ich den Exponenten des Widerſtandes $k = 260$ par. Fuſs, ein Werth, der ganz gewiſs zu klein iſt, indem dabey $\frac{m}{n} = 6880$ werden müſte, wenn r und g ihren vorigen Werth behalten. Und ſelbſt dieſer Werth von k gibt die Zeit des Falls von 321 Fuſs Höhe noch beträchtlich kleiner als die Beobachtung, wie man aus folgender Tabelle ſieht.

Fallhöhen pariſer Fuſs.	Berechnete Zeit. d. Falls K = 260 F.	Beobachtete Zeiten.	Abweichung d. Beob. von Rechnung.
24,8	1″. 7‴.04	1″,17‴.08	+ 0‴.04
67,7	2, 7, 69	2, 8, 77	+ 1, 08
144	3, 7, 28	3, 6, 95	+ 0, 33
240	4, 3, 51	4, 3, 70	+ 0, 19
321	4, 43, 3	4, 48, 30	+ 5, 00
234,4	4, 0, 55	4, 1, 05	+ 50

Dieſe Vorausſetzung erklärt alſo auch die verlängerte Zeit des Falls nicht, welche ſie auf 321 Fuſs nur von 6‴ auf 5‴ bringt. Auf 240 Fuſs bringt ſie Erfahrung und Theorie in Uebereinſtimmung.

Wollte man den Exponenten des Widerſtands ſo annehmen, daſs die Rechnung mit der auf 321 Fuſs angeſtellten Beobachtung übereinſtimmte, ſo müſste man *k* auf 200 Fuſs herabſetzen; aber dann erhält man auf 240 und 144 Fuſs Abweichungen, die eben ſo unbegreiflich ſind, als die ſchon angeführten.

Dieſer Exponent gibt nähmlich bey
321 F. Höhe d. Fallz. = 4″,47‴,9 Abw. v. d. Beob. + 0‴,4
240 — — — = 4, 6, 5 — — — — 2, 8
144 — — — = 3, 8, 0 — — — — 1,15

Der Exponent k = 220 Fuſs gibt dagegen
bey 321 Fuſs Höhe Zeit = 4″,45‴,90 Abw. + 2‴,4
240 — — — = 4, 5, 25 — — 1, 55
144 — — — = 3, 7, 57 — ÷ 0, 62

* * *

Da bey einer Fallhöhe von 144 par. Fuſs die Beobachtung noch völlig mit der Theorie übereinſtimmt, bey 240 Fuſs aber ſchon eine Differenz von 1‴,1, und bey der von 321 eine von 6 Tertien ſtatt findet, ſo lieſse ſich fragen: wie die Gröſse des Widerſtandes bey den letzten Beobachtungen angenommen werden muſs, damit Rechnung und Beobachtung übereinſtimmen. — Man kann hier die Sache ſo betrachten, als wenn bis zu 144 Fuſs Fallhöhe alles genau nach der Neutonſchen Formel ginge, dann aber nehme der Widerſtand plötzlich zu, — oder (wie es ſich bequemer darſtellen läſst,) dann nehme der Exponent des Widerſtandes plötzlich ab, und bliebe einerley, bis der Körper 240 Fuſs gefallen ſey, wo dann eine zweyte Verkleinerung des Exponenten ſtatt finde. — In der Natur erfolgt jene Veränderung nach dem Geſetz der Thätigkeit, — hier iſt jene Vorſtellungsart die leichtere. —

Nach der Formel hat die Kugel nach einem Fall von 144 Fuſs Höhe eine Geſchwindigkeit von 90,94 Fuſs in 1 Sek. erlangt. Dieſes iſt alſo die anfängliche Geſchwindigkeit, mit der ſie in die folgende 96 Fuſs eintritt. Sollte ſie unter dieſen Umſtänden 56‴,3 Zeit gebrauchen, um dieſe 96 Fuſs zu durchlaufen, ſo müſste der Exponent des Widerſtands 220 par. Fuſs ſeyn; und die Gröſse des wahren Widerſtandes würde ſich zur theoretiſch angenommenen Gröſse deſſelben verhalten, wie $292,27 : 220^2$ oder nahe wie $1\frac{3}{4} : 1$. Dann wäre die am Ende der 240 Fuſs erlangte Geſchwindigkeit $= 113,141$ Fuſs.

Hieraus ſcheint nun zu folgen, daſs die Beobachtung von 321 Fuſs Fallhöhe nicht vollkommen genau iſt, weil die Kugel ohne alle Beſchleunigung durch die letzte 81 Fuſs fallen müſste, und dieſes könnte nur geſchehen, wenn der Exponent des Widerſtandes plötzlich bis auf 113 Fuſs abnehme, oder wenn der Widerſtand um $\left(\frac{292^2}{113}\right) = 6\frac{3}{4}$mal gröſser würde, als die Theorie angibt.

Bey einer Zunahme der Geſchwindigkeit von 80 auf 96 Fuſs in der Sekunde, würde der Widerſtand alſo doppelt ſo ſtark, als die Theorie ihn angibt, und bey der weitern Zunahme von 96 auf 113 würde er 6mal ſo ſtark. Zu dieſer Annahme iſt für mich weder in der Verdichtung der Luft vor der Kugel, noch in der Verdünnung dahinter ein Grund, denn man müſste annehmen, daſs die Luft vorne ungefähr zur 6maligen Dichtigkeit comprimirt wäre. *)

* * *

*) Hier iſt die Alternative: entweder muſs die Theorie ſehr fehlerhaft ſeyn, oder die Beobachtungen. Wer die eben angeführten einzelnen Beobachtungen der Fallzeiten auf dem Stadio von 321 Fuſs ſorgfältig unterſucht, wird finden, daſs kein Umſtand da iſt, der eine Ungewiſsheit in der Zeitbeſtimmung von 1 Tertie macht. — Die Theorie des Widerſtands hingegen iſt, wenn man die mittlere Geſchwindigkeiten ausnimmt, noch auf allen Punkten unrichtig befunden worden, auf denen man ſie mit der Erfahrnng verglichen hat. — Von der wahren Curve des Widerſtands wiſſen wir bis jetzt noch gar nichts, und es iſt ſchwer zu beſtimmen, welche Krümmungen in ihr, Verdichtung vor der Kugel und Verdünnnng hinter derſelben veranlaſsen oder nicht veranlaſsen können.

B—g.

Dafs Eulers Theorie den Widerſtand bey langſamer Bewegungen zu klein gibt, halte ich für ausgemacht. Iſt das, ſo wird die balliſtiſche ſehr erheblich anders, als Euler ſie angegeben hat; beſonders wird bey Bogenſchüſſen der Weg fallender Kugeln ſich viel weniger vorausſtrecken. Daſs übrigens die baliiſtiſche Curve keine Parabel ſey, das haben alte Kupferſtecher ſchon vor mehr als 100 Jahren gewuſst. — Ich erinnere mich einer alten, — *ut ita dicam* allegoriſchen Karte, wo die Feſtung der Liebe beſchoſsen wird, da iſt der Theil der Bahn, wo die Kugeln herabfallen, der vertikalen viel näher, als die aufſteigende. — Es ſind nämlich die Bombenſchüſſe ſo gezeichnet, als ob an der Kugel ein Band wäre, welches in der Bahn ſtehen bliebe, und da ſieht die Bahn der Kugel ſo aus, wie Fig. 9. Taf. VII. ſo daſs alſo unter gewiſſen Umſtänden der Conſtabler ſich bey einem Bombenſchuſſe ſelbſt treffen könnte. Vielleicht hat der Kupferſtecher figürlich die groſse Geſchwindigkeit gegen das Ende des Weges der Kugel andeuten wollen, die — wenigſtens damals — einen ſo ſehr groſsen Widerſtand erzeugte.

* * *

Ekw. den 4. Sept. 1803.

Nach einem beyläufigen Ueberſchlage von Huttons Verſuchen, ſo wie ſie *Gilbert* in der Note anführt, finde ich, daſs bey 6pfündigen Kanonenkugeln und bey 2000 Fuſs Geſchwindigkeit in der Sekunde der Widerſtand 8mal gröſser war als die Theorie. — *Robins* fand ihn bey Flintenkugeln und 1700 Fuſs Geſchwindigkeit nur dreymal ſo groſs, als die Theorie. — Wenn dieſes richtig iſt, ſo erhellt hieraus,

dafs die Vergröfserung des Widerftandes, über die Angabe der Theorie, ftark mit dem vergröfserten Durchmeffer der Kugel wachfe, — folglich konnten deine Kugeln in St. Michael fchon fehr viel mehr Widerftand leiden, als fich nach *Robins* Flintenkugeln erwarten liefs; das ift, ich könnte endlich vielleicht dahin kommen, einzufehen, woher der grofse Widerftand bey der Fallhöhe von 321 Fufs kam. — Mit der Compreffionshypothefe fcheint diefes dann ganz gut zu harmoniren.

Berechnungen über die Zeit, in welcher fallendes Waffer gegebene Räume durchläuft.

Da bey diefen Verfuchen der Zeitunterfchied zwifchen fallenden Bleykugeln und fallendem Waffer gemeffen wurde, fo werde ich zuerft die Zeit berechnen müfsen, in welcher die Bleykugeln herabkamen.

Es war bey diefen Kugeln $2r = 0{,}0465$.

$\frac{m}{n}$ ohngefähr $= 9040$

daher $k = 184$ par. Fufs.

Und hieraus ergeben fich die in der zweiten Vertical-Reihe der folgenden Tabelle ftehenden Zeiträume, bey deren Berechnung indefs nicht die äufferfte Schärfe, welche hier unnöthig war, angewandt ift. Die übrigen Reihen enthalten die Beobachtung, wie viel länger das Waffer unterweges blieb, als die Bleykugel, und die daraus hergeleitete Zeit, welche das Waffer zu feinem Falle brauchte.

Fallhöhen par. Fuſs.	Berechnete Zeiten für den Fall der Bleykugel.	Beobachtete Zeit, wie viel ſpäter das Waſſer ankam als die Kugel.	Zeiten welche das Waſſer zu ſ. Falle brauchte.
67	2″ 7‴,6	0″37‴,5	2″45‴
144	3″13‴,3	2″16‴,5	5″30‴
240	4″ 7‴,8	4″50‴,8	8″58½‴
321	4″ 50‴	8″15‴	13″ 5‴

Wollte man nun die beobachtete Zeit, in welcher das Waſſer von einer beſtimmten Höhe hinabkam, mit der Theorie vergleichen, ſo müſste man die gröſsten Waſſertropfen, die man wohl als Kugeln betrachten dürfte, kennen; oder man könnte auch leicht finden, wie groſs man *k* annehmen müſse, damit bey einem der Verſuche die Zeit des Falles ſo herauskomme, wie die Beobachtung ſie angab. Wer die Unterſuchung ſo anſtellen will, wird für jede Fallhöhe ein anders *k* finden, und einen kleinern Werth von *k* bey gröſsern Fallhöhen. — Offenbar heiſst das nichts anders, als, die anfangs groſsen Tropfen zertheilen ſich bey weiterm Fallen in kleinere, und, da kleinere Tropfen durch den Widerſtand der Luft mehr aufgehalten werden, ſo iſt es hier gar wohl möglich, daſs die Bewegung endlich nicht mehr ſchneller, ſondern wohl gar langſamer wird: ja es läſst ſich einſehen, daſs bey ſehr groſsen Fallhöhen das Waſſer ſich in unmerklich kleine Tropfen zertheilen und wohl gar verdunſten könnte, ehe es die Erde erreichte. Für die untern Stationen paſst für *k* der Werth $k = 30$ Fuſs oder $k = 2\,g$ ſehr gut, den ich, weil er die Rechnung ſehr erleichtert, auch auf die übrigen anwenden will.

Fallhöhen par. Fuſs	Berechnete Zeiten für k = 30,2 Fuſs.	Beobachtete Zeiten	Unterſchied der berechneten und beobachteten Zeit.
67	2″54‴	2″45‴	— 0″9‴
144	5 27½	5 30	+ 0 2½
240	8 38½	8 58½	+ 0 20
321	11 19½	13 5	+ 1 45½

Bey einer Fallhöhe von 70 Fuſs war *k* alſo nicht ſehr von 30 Fuſs verſchieden, oder die Tropfen hielten ohngefähr 2 Linien im Durchmeſſer. Die Beſtimmung für gröſsere Höhen würde, wenn ſie genau ſeyn ſollte, Schwierigkeit haben, da man dabey *k* ſelbſt veränderlich betrachten und ein Geſetz für dieſe Aenderung annehmen müſste. Indeſs iſt die Aenderung von k nicht groſs, und wenn man bey der letzten Betrachtung k = 25 Fuſs ſetzt: ſo wird die Zeit des Falles = 13″25‴ ſchon gröſser als die Beobachtung angab: und dabey wäre der Durchmeſſer der Tropfen etwa 1⅓ Linie geweſen.

Beym Regen iſt die Sache vielleicht anders, weil da eine ganze Gegend mit fallendem Waſſer angefüllt iſt, und die Vereinigung mehrerer Tropfen, das zum Theil wieder gut macht, was dieſe Zerſtreuung änderte. — So viel ſcheint aber aus dieſen Verſuchen zu folgen, daſs wohl ſelten Regentropfen mit einer Geſchwindigkeit von 20 Fuſs in 1 Sek. fallen mögen.

Ueber

Ueber Eulers Bemühung, die Formeln für den Widerſtand der Luft zu verbeſſern, und Lamberts Vertheidigung der gewöhnlichen Theorie

von Brandes.

Die unter *Neutons* Leitung von *Hawksbee* und ſpäter von *Deſagulier* angeſtellten Verſuche hatten zwar gezeigt, daſs die aus theoretiſchen Gründen hergeleiteten Formeln bey langſamen Bewegungen mit der Erfahrung übereinſtimmten, und daſs in ſolchen Fällen der Widerſtand ſehr genau dem Quadrate der Geſchwindigkeit proportional ſey; aber dadurch war für das wahre Geſetz des Widerſtandes bey ſchnelleren Bewegungen noch ſehr wenig entſchieden. Die Betrachtung der Formeln ſelbſt und der Vorausſetzungen, worauf ſie beruhen, konnte Grund zu Zweifeln gegen ihre allgemeine Anwendbarkeit darbieten, zumal da die Erfahrung doch nur in Rückſicht des Verhältniſſes, aber nicht in Rückſicht der wahren Gröſse des Widerſtandes mit der Theorie übereinſtimmte.

Nach der richtigen theoretischen Regel nämlich, dafs man den Verlust an Geschwindigkeit nach ähnlichen Gesetzen, wie bey dem Anstofse an feste Körper berechnen sollte, würde der Widerstand doppelt so grofs, oder wenn man die Gesetze des Stofses elastischer Körper zum Grunde legte, sogar viermal so grofs herauskommen, als die Erfahrung ihn angab. Nun war es zwar auf den ersten Blick einleuchtend, dafs bey dem Anstofse an die Theilchen eines flüfsigen Körpers nicht alles so erfolgen könnte, wie bey einem einzeln im Wege liegenden festen Körper; die gestöfsenen Theilchen konnten seitwärts ausweichen, und brauchten nicht mit der ganzen Schnelligkeit des bewegten Körpers vor ihm hergetrieben zu werden. Also mufste der Widerstand sich kleiner finden, als er seyn würde, wenn ein fester Körper von gleich grofser Masse sollte fortgestofsen werden. Wie viel dieser Unterschied betrage, ob er bey jeder Geschwindigkeit des bewegten Körpers in einerley Verhältnifs mit dem theoretisch aus der Masse des weggeräumten und der Geschwindigkeit des anstofsenden Körpers berechneten Widerstande stehe, das liefs sich durch die Theorie nicht entscheiden. Die Versuche gaben die Gröfse dieses Unterschiedes an, und zeigten zugleich, dafs bey langsamen Bewegungen die wahre Gröfe des Widerstandes dem Quadrate der Geschwindigkeit, und deswegen auch der theoretisch gefundenen Formel proportional blieb. Aber damit war noch nicht erwiesen, ob dieses bey jeder andern, viel gröfsern Geschwindigkeit ebenfalls gelte; es lag wenigstens nichts Ungereimtes in der Vermuthung,

dafs bey schnellen Bewegungen das Ausweichen der Lufttheilchen nach der Seite den Widerstand im andern Verhältnifs vermindere, dafs die schneller mit fortgerissenen Theilchen die Bewegung mehr aufhalten würden, und dafs vielleicht der Widerstand sich mehr und mehr der Gröfse nähere, die er haben würde, wenn allen Lufttheilchen die ganze Geschwindigkeit des bewegten Körpers müfste mitgetheilt werden. *Euler* setzt hiezu noch, dafs die Luft von dem Körper zusammengedrängt werde, und hinter ihm ein leerer Raum entstehe, wodurch freylich der Widerstand ebenfalls vergröfsert würde.

Diese Betrachtungen schienen durch *Robins* Versuche ein sehr verstärktes Gewicht zu erhalten; und was man vorher allenfalls unbestimmt hätte muthmassen können, das erschien jetzt als eine durch Erfahrung bestätigte Wahrheit. So betrachtete es auch *Robins*, und nach ihm gründlicher, und mit Aussichten auf weitere Anwendung, *Euler*.

Robins schlofs aus seinen Versuchen, dafs bey einer Geschwindigkeit von 1700 Fufs in 1 Sek. der Widerstand auf kleine Kugeln beynahe dreymal so grofs sey, als die Formel, welche sich bey langsamen Bewegungen richtig befunden hatte, ihn angab. Dieses veranlafste *Euler*, in jene Formel noch einen Coefficienten zu setzen, der bey kleinen Geschwindigkeiten unbedeutend von 1 verschieden wäre, aber mit der Geschwindigkeit zunähme.

Die einfachste Form dafür schien ihm, wenn die Geschwindigkeit $= v$ ist, diese: $1 + \frac{vn}{h}$, und es war

leicht, die Gröſse n,h ſo zu beſtimmen, daſs ſie mit *Robins* Verſuchen, deren Anzahl nur ſehr geringe war, übereinſtimmten. Ja, die Reihe dieſer Verſuche liefs bey der Beſtimmung des Coefficienten ſo viel Wüllkühr, daſs *Euler* die Potenz n, ohne die Verſuche zu Rathe zu ziehen, auf 2 ſetzen durfte, und nur h aus den Verſuchen beſtimmte. Daſs n = 2 ſey, hielt er deswegen am wahrſcheinlichſten, weil dieſes der kleinſte Werth iſt, bey dem v^n allemal poſitiv wird, ſelbſt wenn v negativ wäre. Der Coefficient war alſo nun $1 + \frac{v^2}{h}$ oder, wenn h eine Linie bedeuten ſoll, paſſender durch $1 + \frac{v^2}{4gh}$ ausgedrückt.

h ward nun aus drey Verſuchen beſtimmt, und aus dem erſten Verſuche = 22102 rheinl. Fuſs
— zweyten — = 18176 — —
— dritten — = 30781 — — gefunden;
drey Werthe, deren groſse Verſchiedenheit für die Genauigkeit der Verſuche keine ſehr vortheilhafte Meinung erregen kann, und deren Mittel immer noch eine zu unſichere Beſtimmung gab. *Euler* verbindet daher mit dieſen Berechnungen noch eine andere Bemerkung, die ihn zu einer Beſtimmung des Werthes von h führt.

Setzt man den Druck der Atmosphäre einer Queckſilberſäule von 30 engl. Zollen gleich, und das Queckſilber 11538mal ſchwerer, als die Luft nahe an der Erde: ſo würde eine Säule ſolcher Luft 27979 rheinl. F. hoch ſeyn müſſen, um dem Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten. Eben dieſe Höhe iſt aber mit derjenigen einerley, welche der Geſchwindigkeit

zugehört, mit der die Luft in einen leeren Raum eindringt, — und ſo lieſs es ſich überſehen, daſs ſie mit der Vergröſserung des Widerſtandes in irgend einer Verbindung ſtehen könnte. *Euler* behält daher dieſen Werth für *h*, der den obigen Beſtimmungen ziemlich nahe kommt, bey, und vergleicht die hiernach gefundenen Formeln mit einigen Verſuchen.

Die beſchleunigende Kraft des Widerſtandes iſt alſo nun $= -\frac{3}{8} \cdot \frac{1}{mr} \cdot \left(1 + \frac{v^2}{4gh}\right) \frac{v^2}{4g}$, wenn der bewegte Körper eine Kugel iſt, deren Durchmeſſer = 2r, und die *m* mal dichter, als Luft iſt. Die Bedeutung von v = der Geſchwindigkeit in 1 Sek., g = dem Fallraum in der erſten Sek., und h = 27980 rheinl. Fuſs ſind ſchon im vorigen vorgekommen. Und man findet nun ziemlich leicht die zur Vergleichung der Verſuche nöthigen Formeln.

Die von *Robins* über den Widerſtand der Luft angeſtellten Verſuche ſind von zweyerley Art: bey einigen war die anfängliche Geſchwindigkeit der nach horizontaler Richtung abgeſchoſſenen Kugel, und auſſer derſelben die Geſchwindigkeit, welche ſie am Ende eines bekannten Weges noch hatte, beſtimmt; bey den übrigen war die anfängliche Geſchwindigkeit ebenfalls bekannt, und es ward zugleich die Zeit, in welcher die Kugel einen gewiſſen Weg zurücklegte, beobachtet.

Für jene Verſuche gibt die Eulerſche Hypotheſe folgende Formel:

$$v^2 = \frac{4gh\, c^2}{(4gh + c^2)\, e^{\frac{3s}{8mr}} - c^2}$$

wenn *c* die anfängliche Geſchwindigkeit, *s* den durchlaufenen Weg, und *v* die am Ende dieſes Weges noch ſtatt findende Geſchwindigkeit bezeichnet. Bey *Robins* war r = $\frac{3}{8}$ Zoll engl., m = 9650, g = 16, 1 Fuſs beynahe. Seine Verſuche ſind in folgender Tabelle dargeſtellt, in welcher ich zugleich den von *d'Arcy* angeſtellten, aber unvollſtändig angegebenen Verſuch ſo gut, als ſeine oberflächlichen Angaben verſtatten, mit aufführe: m und r hatten dabey ziemlich genau eben die Werthe.

		Werthe von v.		
Werthe von *c*. engl. F.	Werthe von *s*. engl. F.	Beobachtete von *Robins*. engl. F.	Berechnete nach *Euler* engl. F.	Berechnete n. *Newton*. engl. F.
1670	50	1550	1550	1619
1670	100	1425	1447	1569
1690	150	1300	1371	1539
1180	225	950	943	1026
Verſuch von *d'Arcy*. franz. Fuſs.				
1100	84	1000	992	

Für dieſe Verſuche paſst alſo *Eulers* Formel recht gut. Bey der zweyten Art von Verſuchen iſt die Abweichung gröſser; aber die Verſuche ſind auch nicht mit groſser Genauigkeit angeſtellt, und *Euler* hält ſie für ſo ſchlecht, daſs die Vergleichung mit der Theorie ihm überflüſsig ſchien. Daher gibt er für dieſen Fall auch keine Formel. Berechnet man aber v, die Geſchwindigkeit am Ende des Weges s nach der vorigen Formel; ſo findet man für die Zeit = *t*, in welcher der Weg s zurückgelegt wird,

$$t = \frac{16}{3} mr \left\{ \frac{c-v}{cv} - \frac{1}{2\sqrt{gh}} \text{Arc. tang.} \frac{2(c-v)\sqrt{gh}}{4gh + vc} \right\}$$

und daraus ergeben ſich folgende Vergleichungen, da r, m, g, h die vorhin genannten Werthe auch hier haben.

Werthe von c engl. F.	Werthe von s engl. F.	Werthe von v nach *Euler* engl. F.	Werthe von *t* beobachtete	berechnete nach *Euler*
400	939	—	$4\frac{1}{4}''$	—
400	957	214	4	$3'',34$
400	1119	195	$5\frac{1}{2}$	$4'',06$

Hiernach müſste alſo der Widerſtand der Luft bey einer Geſchwindigkeit von 400 Fuſs gröſser ſeyn, als *Eulers* Formel ihn angibt, wofern die Verſuche nur einigermaſsen zuverläſsig ſind, und *Robins* behauptet wenigſtens, daſs die anfängliche Geſchwindigkeit bis auf 10 Fuſs genau beſtimmt ſey.

Bey noch langſamern Bewegungen kömmt *Eulers* Formel mit der von *Neuton* angegebenen ſo nahe überein, daſs die Unterſchiede kaum merklich ſind. So gibt z. B. für die im Michaelisthurm angeſtellten Verſuche, *Eulers* Formel die Zeit des Falles von 321 Fuſs Höhe noch nicht um $\frac{1}{20}$ Tertie gröſser als die gewöhnliche Theorie, und weicht alſo eben ſo viel von den Verſuchen ab, wie die Formel von *Neuton*. Ich brauche mich daher bey dieſen Verſuchen nicht aufzuhalten, und ſetze nur noch die Vergleichung mit einer andern Reihe von Verſuchen hiehin, welche mir in mancher Hinſicht ſehr merkwürdig ſcheinen, obgleich für den Widerſtand der Luft nichts entſcheidendes daraus zu ſchlieſsen iſt. Dieſes ſind die von dem General *Günther* angeſtellten und von *Daniel Bernoulli* zum Theil berechneten Verſuche mit verticalen Kanonen-Schüſsen. *Euler* ſelbſt vergleicht

einen davon mit ſeiner Formel, findet ihn aber ſo ſehr davon abweichend, daſs er ſelbſt geſteht, er ſehe nicht ein, woher bey einer ſo kleinen Ladung die ungeheuer groſse Geſchwindigkeit zu erklären ſey, welche die Kugel nach ſeiner Rechnung hätte haben müſsen, wenn ſie 34 Sek. zum Aufſteigen und Hinabfallen gebrauchen ſollte.

Es waren eigentlich drey Reihen von Verſuchen, die der General *Günther* anſtellte, und *Bernoulli* ſpricht noch von mehrern, die ſich aber nicht auf den Widerſtand der Luft, ſondern vielleicht bloſs auf Beſtimmung der Kraft des Schieſspulvers bezogen. — Zwey Reihen, die mit einer Kanone, welche eine dreypfündige Kugel ſchoſs, angeſtellt wurden, hat *Bernoulli* berechnet, die dritte mit einem Mörſer und einer 200pfündigen Kugel führt er bloſs an, wenn etwa Jemand auch dieſe zu berechnen Luſt hätte. Bey allen Verſuchen ward die Kugel mit einer beſtimmten Pulverladung aufwärts geſchoſſen, und die Zeit beobachtet, welche verfloſs, ehe ſie wieder die Erde erreichte. Hieraus lieſs ſich nun die anfängliche Geſchwindigkeit der Kugel auf doppelte Weiſe berechnen, entweder aus der Zeit des Steigens und Fallens nach irgend einer für den Widerſtand der Luft angenommenen Hypotheſe, oder aus der Gröſse der Ladung und der Länge der Kanone nach Regeln, welche die theoretiſche Artillerie angibt.

Daniel Bernoulli berechnete ſie bloſs auf die erſte Art nach *Neutons* für den Widerſtand der Luft gegebenen Theorie: er nimmt dabey aber die Luft 1000mal dünner als Waſſer an, und ich habe daher,

um Uebereinſtimmung mit meinen übrigen Rechnungen zu erhalten, dieſe Berechnung wiederholt. Es iſt zwar wahr, daſs in der Höhe von 4000 Fuſs, worauf die Kugeln ſtiegen, die Luft nicht mehr ſo dicht iſt, als unten, aber da der gröſste Widerſtand doch in der untern Gegend, wegen der ſchnellen Bewegung, ſtatt fand: ſo wird man mit der Dichtigkeit = $\frac{1}{800}$ wohl der Wahrheit näher ſeyn. Die Unterſuchung ſo anzuſtellen, daſs man auf die ungleiche Dichtigkeit der Luft Rückſicht nähme, hätte die Rechnung zu beſchwerlich gemacht, da man dabey auf das transſcendente Integral $\frac{S\, e^{fy}.\, dy}{y}$ kömmt, wofür ſich nur eine langſam convergirende Reihe ergibt, die überdas die anfängliche Geſchwindigkeit durch die Höhe beſtimmt, welche die Kugel erreicht; — aber dieſe Höhe war hier nicht aus der Beobachtung bekannt. — — Nach *Eulers* Formeln für den Widerſtand hätte ſich dieſe Rechnung vielleicht gar nicht ausführen laſſen; indeſſen habe ich nicht verſucht, dieſe Vorausſetzung dabey anzubringen.

Ich werde in den folgenden Tabellen die anfängliche Geſchwindigkeit nach drey verſchiedenen Berechnungen anführen, nach den beyden Hypotheſen für den Widerſtand der Luft von *Neuton* und *Euler*, und dann nach einer Formel der Artillerie. Für die Rechnung nach *Neutons* Theorie habe ich mich der Formeln bedient, die *Karstens* (Lehrbegriff 4. Band S. 382) angibt, wo ſich durch einige angenommene Werthe für *e s* leicht der wahre Werth dieſes Bogens

und daraus die anfängl. Geſchwindigkeit finden läſst. Dieſe direckt etwa durch Reihen zu ſuchen, möchte manche Schwierigkeit haben. Bey der Berechnung nach *Eulers* Hypotheſe gab mir dieſer ſelbſt den Weg an: er findet nähmlich die Höhe a bis zu welcher die Kugel ſteigt, durch folgende Reihe (*Robins* Artill. S. 655.)

$$r\,a = \frac{t}{4} - \frac{t^5}{2^{15}.3.5.m^2h^2} + \frac{t^7}{2^{17}.3.7.m^2h^3}$$

$$+ \frac{t^9}{2^{29}.3.5.m^4h^4} + \frac{t^9}{2^{21}.5.9.m^2h^4}$$

Man muſs aber hier die beobachtete Zeit, welche die Kugel in der Luft zubrachte, in ſolchen Zeittheilen ausdrücken, deren 250 eine Sek. machen, und die Gröſsen mh und h in Tauſendtheilchen des rheinländiſchen Fuſses, damit $4\,g = 1.$ werde: dann erhält man auch a in Tauſendtheilchen des rheinländ. Fuſses. — Dieſe Reihe aber reicht nicht mehr hin, um die Verſuche, wo die Zeit 45 Sek. alſo $t = 11250$ war, zu berechnen: ſondern man findet dann a viel zu groſs, und es müſsen vermuthlich die folgenden negativen Glieder, welche für kleinere t weggelaſſen werden durften, erheblich groſs werden. Dieſe Glieder der Reihe ſelbſt aufzuſuchen, habe ich mich um ſo weniger entſchlieſsen können, da die Reihe vermuthlich ſehr langſam convergirt, wenn t erheblich groſs iſt, und bey noch gröſsern Werthen von t, a ganz unbeſtimmt läſst, oder vielleicht als unmöglich angibt. — Ich werde hievon gleich noch etwas mehr ſagen: hier aber darf ich nicht anzuführen vergeſſen,

dafs das m in dieser Reihe nach meinen vorigen Ausdrücken $= \frac{8}{3}\frac{mr}{k}$ ist; h aber bedeutet hier eben die Gröfse, wie vorhin.

Mit Hülfe dieser Reihe ist erst ein Theil des Zweckes erfüllt, der erreicht werden sollte. Es mufs nun aus der gröfsten Höhe, zu welcher die Kugel gelangt, die anfängl. Geschwindigkeit berechnet werden. Die hiezu nöthige Integralformel fällt anders aus bey grofsen, als bey kleinern Kugeln: *Euler* hat nur die angeführt, die auf kleine Kugeln pafst, aber bey den Versuchen mit dem Mörser mufste die andere Form, welche auf der Quadratur des Kreises beruht, angewandt werden. Ich finde die Höhe a, welche die Kugel erreicht, für diesen Fall

$$a = \frac{\frac{16\,mr\,\gamma h}{3}}{\gamma\left\{\frac{32}{3}\,mr - h\right\}}\ \text{Arc. tang.}\ \frac{\frac{c^2}{2g}\gamma\left\{\frac{32}{3}\,mr - h\right\}}{\frac{32}{3}\,mr\,\gamma h + \frac{c^2}{2g}\gamma h}$$

und daraus, wenn ich

$$\frac{a\,\gamma\left(\frac{32}{3}\,mr - h\right)}{\frac{16}{3}\,mr\,\gamma h} = \varphi \text{ setze;}$$

$$\frac{c^2}{4g} = \frac{\frac{16}{3}\,mr.\,h\ \text{tang.}\,\varphi}{\gamma\left(\frac{32}{3}\,mr\,h - k\right) - h\ \text{tang.}\,\varphi};$$

wo c die anfängliche Geschwindigkeit bedeutet.

Für die übrigen Versuche mit kleinern Kugeln hat *Euler*, wenn ich, statt seiner Buchstaben, die bisher gebrauchten setze:

$$\frac{c^2}{4g} = \frac{<\left(e^{\alpha} - 1\right) \frac{16}{3}\, mr\, h}{h\left(1 - e^{\alpha}\right) + 2k\left(1 + e^{\alpha}\right)}$$

$$\text{wenn } k = \sqrt{\left(\tfrac{1}{4} h^2 \; \tfrac{8}{3} mr\, h\right)};$$

$$\text{und } \alpha = \frac{8ak}{h^2 - 4k^2} \text{ ist.}$$

Denn es ward

$$a = \frac{h^2 - 4k^2}{8k} \log.\text{nat.} \left\{ \frac{(h + 2k)\left(\frac{2c^2}{4g} + h - 2k\right)}{(h - 2k)\left(\frac{2c^2}{4g} + h + 2k\right)} \right\}$$

dieser Werth von a zeigt zugleich, daſs a sich einer gewissen Grenze nähert, und selbst, wenn c unendlich wäre, diese nicht übertrifft. Wird nämlich c so groſs, daſs die Gröſsen $h - 2k$ und $h + 2k$ gegen $\frac{c^2}{4g}$ unbedeutend sind; so kann man

$$a = \frac{h^2 - 4k^2}{8k} \log. \frac{h + 2k}{h - 2k}, \text{ setzen}$$

und dieses ist die äusserste Höhe, welche die Kugel erreichen könnte, wenn *Eulers* Formel die richtige wäre. Bey einer dreypfündigen eisernen Kugel wäre diese Höhe = 5604 rheinl. Fuſs, wenn man die Luft 800mal leichter als Wasser setzt; und eine solche Kugel müſste mit 20000 Fuſs Geschwindigkeit abgeschos-

ſen werden, um auf 5595 rheinl. Fuſs zu ſteigen: bey dieſer groſsen anfänglichen Geſchwindigkeit würde ſie nicht völlig 14 Sek. zum Aufſteigen und 24 Sek. zum Herabfallen gebrauchen, alſo nur 38 Sek. in der Luft zubringen.

Wäre die Luft tauſendmal dünner als Waſſer: ſo würde eine mit 20000 Fuſs Geſchwindigkeit abgeſchoſſene Kugel 6675 Fuſs hoch ſteigen, und in $41\frac{3}{4}$ Sek. wieder auf die Erde kommen, indem ſie $15\frac{3}{4}$ Sek. zum Steigen und 26 Sek. zum Fallen gebraucht. Die gröſste Höhe, welche die Kugel bey dieſer Dichtigkeit der Luft erreichen kann, würde 6685 Fuſs ſeyn; alſo könnte ſie niemals länger als 42 Sek. in der Luft bleiben, da doch *Günther* eine Kugel abſchoſs, die 45 Sek. zubrachte, ehe ſie die Erde wieder erreichte.

Eulers Formeln können alſo, wenigſtens bey ſehr groſsen Geſchwindigkeiten, nicht mehr richtig ſeyn; und wenn künftige Verſuche den Widerſtand wirklich ſo groſs angeben, als *Robins* ihn zu finden glaubte, ſo möchte es wohl beſſer ſeyn, ſtatt des von *Euler* angenommenen Coefficienten $1 + \frac{v^2}{4gh}$, lieber einen andern zu ſetzen, der ſich einer beſtändigen Grenze immer mehr nähert, und nie unendlich groſs werden kann, ſelbſt, wenn v es iſt. Ein ſolcher würde z. B. $\frac{vb + a}{v + a}$ ſeyn, der die Grenze $= b$ nie erreicht, wie groſs auch v werde. — Hiernach ſcheint es beynahe überflüſſig, die Vergleichung mit *Eulers* Formel in die Tabelle zu bringen; da es aber ſeyn könnte, daſs ſie bey mittlern Geſchwindigkeiten einigermaſsen mit

der Wahrheit überein käme; so theile ich die gefundene Zahlen mit.

Die dritte Angabe der Geschwindigkeit nach Regeln der Artillerie ist nach der Formel, die *Euler* bei *Robins* S. 559. angibt, gefunden.

$$\frac{v^2}{4g} = \frac{32850.Q}{P} \text{ log. nat. } \frac{51.\ i.\ P}{266\ Q}$$

wo i die Länge der Kanone in Kalibern, P das Gewicht der Kugel, Q das Gewicht der Ladung ausdrückt. Die Zahlen beziehen sich auf eiserne Kugeln und drücken $\frac{v^2}{4g}$ in rheinländ. Fußen aus, welche in der Tabelle auf englische gebracht sind. Uebrigens liegt bey dieser Formel die Voraussetzung zum Grunde, daſs die Entzündung des Schieſspulvers momentan und daſs die Elasticität des Pulverdampfs seiner Dichtigkeit proportional sey.

Erste Reihe von Versuchen. Aus einem Mörser von 1,05 engl. Fuſs Durchmesser ward eine 200 Pf. schwere eiserne Kugel mit ungleichen Ladungen aufwärts geschossen, und die *Zeit* beobachtet, welche verfloſs, bis sie wieder die Erde erreichte. Der Durchmesser der Kugel war = 1 Fuſs; die Höhe des Mörsers finde ich nicht angegeben; ich habe sie = 2 Fuſs gesetzt.

Größe der Ladung in Pfunden.	Beobachtete Zeiten, welche die Kugel in der Luft zubrachte.	Berechnete Geschwindigkeiten aus der beobachteten Zeit nach *Newton* engl. Fuſs.	nach *Euler* engl. Fuſs.	aus der Ladung engl. Fuſs.
$\frac{1}{2}$	3″	48,4 F.	49	166
1.	$7\frac{1}{2}$	121,8	126	194
2.	12	197	203	282
3.	$16\frac{1}{2}$	275	283	325
4.	20	339	350	358
5.	23	396	409	385
6.	25	436	451	408

Zweyte Reihe von Verſuchen. Aus einer Kanone von 7, 7 engliſche Fuſs lang (welches 32 Caliber beträgt) ward eine dreypfündige eiſerne Kugel von 0,2375 engl. Fuſs Durchmeſſer vertical aufwärts geſchoſſen, und wie vorhin die Zeit beobachtet, bis ſie wieder nieder fiel.

Gröſse der Ladung in Unzen.	Beobachtete Zeiten, welche die Kugel in der Luft zubrachte.	Berechnete Geschwindigkeiten aus der beobahteten Zeit nach *Newton* engl. Fuſs.	nach *Euler* engl. Fuſs.	aus der Gröſse der Ladung engl. Fuſs.
$\frac{1}{2}$.	11″	189	190	380
2.	34	1087	1488	673
4.	45	2535	—	883

Dritte Reihe von Verſuchen. Dieſelbe Kanone war auf 6 engl. Fuſs abgeſägt, alſo noch 25 Caliber lang: die Kugel war mit der vorigen einerley.

Grösse der Ladung in Unzen.	Beobachtete *Zeiten*, welche die Kugel in der Luft zubrachte.	Berechnete Geschwindigkeiten aus der beobachteten Zeit		aus der Grösse der Ladung
		nach *Newton*	nach *Euler.*	
		engl. Fuss.	engl. Fuss	engl. Fuss.
½	8″	133	133	373
2	20½	416	422	656
4	28	708	750	857
6	32½	975	1199	996
8	38	1465	—	1104

Für die beyden letzten Versuche der zweyten Tabelle findet *Bernoulli* nach *Neutons* Regel 940 Fuss und 1945 Fuss anfängl. Geschwindigkeit, für die beyden letzten in der dritten Tabelle 872 und 1200 Fuss, welches bey der sehr grossen Höhe von 5000, 6000, ja bey dem einen beynahe 8000 Fuss wohl richtiger ist. — Bey den übrigen Versuchen wird meine Angabe genauer seyn, als die seinige.

Diese Versuche, welche zwar für keine Theorie erwünschte Resultate geben, scheinen also die Behauptung, dass der Widerstand noch viel grösser, als *Neutons* Theorie angibt, sey, gar nicht zu entsprechen: indess lässt sich bey den sichtbar fehlerhaften Resultaten der artilleristischen Theorie, hierüber nichts Gewisses bestimmen.

Ich komme jetzt zu andern Einwürfen gegen die Behauptung, dass der Widerstand so merklich viel grösser sey, als die gewöhnliche Formel ihn angibt. *Lambert* nämlich glaubt diese scheinbare Abweichung der *Robins*schen Erfahrungen von der Theorie ganz oder doch grösstentheils daraus erklären zu können,

dafs bey der Berechnung der Verſuche die Bleykugeln als völlig unelaſtiſch betrachtet würden, wozu man nicht ſo geradezu berechtiget ſey. Obgleich nun dieſer Vorwurf vorzüglich nur die Verſuche des Ritters *d'Arcy* trifft, welcher die Kugeln gegen eine Mittelplatte ſchoſs, und bey den von *Robins* angeſtellten, wo die Kugel im Pendel ſtecken blieb, weniger bedeutet; ſo verdienen doch *Lamberts* Schlüſſe Aufmerkſamkeit, obgleich ſich gegen einige derſelben noch erhebliche Erinnerungen machen laſsen.

Wenn die theoretiſche Beſtimmung der Geſchwindigkeit, welche Kugeln bey gegebener Ladung und Länge des Laufes erlangen, richtig iſt, oder wenn es wahr iſt, daſs ſich die ganze Pulvermaſſe in einem Augenblick entzündet, und daſs die Elaſticität des Pulverdampfs ſich nach dem Mariottiſchen Geſetze ändert, ſo lieſs ſich aus jedem einzelnen Verſuche von *d'Arcy* die Kraft des Pulvers im erſten Augenblicke der Exploſion berechnen. Dieſe Kraft muſste, wenn anders die Theorie richtig und die Verſuche genau waren, immer gleich groſs gefunden werden, der Flintenlauf mochte lang oder kurz ſeyn. Aber hier fand ſich aus *d'Arcys* Verſuchen eine ſo groſse Ungleichheit, daſs bey dem einen Laufe, wo die Kugel ſehr dicht anſchloſs, die Kraft zwiſchen 716 und 475, bey dem andern aber, wo die Kugel etwas Spielraum hatte zwiſchen 613 und 292 unbeſtimmt blieb. Dieſes lag nicht an ſchwankender Fehlerhaftigkeit der Verſuche, ſondern dieſe Verſchiedenheit ſtand mit der Länge des Laufs, (den *d'Arcy* durch Abſägen immer um gleiche Stücke verkürzte) in Verbindung. *D'Ar-*

cy ſelbſt ſchloſs daraus auf eine nicht momentane Entzündung des Pulvers; *Lambert* hingegen erklärte es aus der Elaſticität der Bleikugeln, welche die von *d'Arcy* beobachtete Ausweichung des Pendels um deſto mehr vergröſserte, je ſchneller die Kugeln anſchlugen: denn bey groſser Geſchwindigkeit ſollte nach *Lambert* dieſe Elaſticität beym Stoſse immer merklicher werden.

Die von *d'Arcy* berechnete Geſchwindigkeit der Kugel konnte alſo nun für nichts weiter gelten, als für die Geſchwindigkeit des Pendels nach einem andern Maaſsſtabe angegeben, und, wie aus dieſer die wahre Geſchwindigkeit der Kugel gefunden werde, war die zu beantwortende Frage, zu deren Beantwortung ſehr wenige Data vorhanden waren.

Lambert fing ſeine Unterſuchung damit an, daſs er auf eine gerade Linie die verſchiedenen Längen des Laufes = x, als Abſciſſen trug, und daran als Ordinaten = h Linien ſetzte, welche den Höhen proportional waren, die den nach *d'Arcy* berechneten Geſchwindigkeiten der Kugel zugehörten. *)

Durch die Endpunkte dieſer Ordinaten lieſs ſich eine ſehr reguläre Curve ziehen, die an allen ſo nahe vorbeyging, als man in Rückſicht der nie ganz feh-

*) *Lambert* ſtellte mit beyden Reihen von Verſuchen dieſe Vergleichung an, betrachtet aber nachher vorzüglich nur die mit dem engeren Laufe, als die vollſtändigere und beſſere. Für die gegenwärtige Betrachtung reicht es hin, die Sache ſo vorzutragen, als ob nur von dieſem einzigen Laufe die Rede wäre.

lenden Mängel der Beobachtung nur irgend erwarten konnte. *Lambert* fand, daſs dieſe Curve ſich durch folgende Gleichung zwiſchen Ordinate und Abſciſſe darſtellen lieſs.

$$h = 20145 \left(1 - e^{-(16\frac{1}{9} + x) : 818,5747} \right);$$

Dieſe Gleichung ſollte eigentlich $h = 0$ geben, wenn $x = 34$ iſt; ſo iſt auch die Zeichnung der Linie wirklich eingerichtet: aber *Lambert* hielt vielleicht eine Correction der ſonſt ſo ſehr paſſenden Formel für unnöthig. Bey $x = 34$, wäre nämlich der Lauf mit der immer gleich groſsen Pulverladung ganz angefüllt geweſen.

Dieſe Linie iſt nun aus bekannten mechaniſchen Gründen die Quadratrix der Curve, deren Ordinaten die Elaſticität des Pulverdampfs bey jeder Ausdehnung im Flintenlaufe ausdrücken würden, wenn h wirklich die der wahren Geſchwindigkeit der Kugel zugehörige Höhe wäre. Dieſe Scale für die Elaſticität des Pulverdampfs, wie man ſie nennen könnte, ſollte nach der allgemein angenommenen Theorie eine Hyperbel ſeyn; dagegen aber findet ſich nach der eben angegebnen Gleichung für h eine davon ſehr abweichende, nämlich eine logarithmiſche Linie, wofür ſich auch die Gleichung ſehr leicht aus jener würde herleiten laſſen.

So würden alſo *d'Arcy's* Verſuche zu gleicher Zeit die einfachſte Theorie über die Wirkung des Pulvers, und die ebenfalls einfache Theorie für den Widerſtand der Luft umſtürzen, wenn *d'Arcy* ſich nicht in

der Berechnung der Geſchwindigkeit der Kugel geirrt hatte. Dieſes bewog *Lambert*, die Unterſuchung, ob man die Kugeln bey ſo groſser Geſchwindigkeit etwa als elaſtiſch betrachten müſſe, fortzuſetzen. „Was mich aber vollends aufbrachte", ſetzt er hinzu, war ein Verſuch des Herrn *Robins*, der ſchon bey einer Geſchwindigkeit von 400 Fuſs in einer Secunde den Widerſtand auf eine ¾zollige Bleykugel ſehr viel gröſser wollte gefunden haben, als die gewöhnliche Theorie ihn angibt: da doch *Lambert* aus andern Verſuchen gewiſs wuſste, daſs unter den bey dieſen Verſuchen ſtatt findenden Umſtänden die Theorie noch richtig ſey *)» Und eben dieſer Robinsſche Verſuch lieſs ſich ebenfalls erklären, wenn man annahm, daſs die Geſchwindigkeit der Kugel nicht nach den Geſetzen des Stoſſes unelaſtiſcher Körper müſſe berechnet werden.

Es kam nun darauf an, eine Regel anzugeben, wie die wahre Geſchwindigkeit der Kugel bey jedem von *d'Arcy* angeſtellten Verſuche zu beſtimmen ſey; und dieſes hatte immer noch Schwierigkeit, weil die Kraft des Pulvers bey der erſten Exploſion nicht als bekannt

*) Was dies für Verſuche waren, worauf ſich dieſe Ueberzeugung ſtützt, gibt *Lambert* nicht an. Er ſagt aber an einer andern Stelle in dieſer Abhandlung: „Eben die Theorie, welche bey den Verſuchen der Herren *Hawksbee und Deſaguliers* bey leichten Kugeln und geringen Geſchwindigkeiten bewährt erfunden ward, gibt an, daſs ſie bey ſchweren Kugeln, „wie die bleyernen ſind, bey vielfach gröſseren Geſchwindigkeiten anwendbar bleiben werde.» Er erwähnt aber auch da wieder „anderweitiger unmittelbarer» Verſuche.

konnte angenommen werden. Indefs, wenn nur das Gefetz, nach welchem die Elafticität des Pulverdampfs von feiner Ausdehnung in einen gröfsern Raum abhängt, richtig angenommen ift: fo werden die Gefchwindigkeiten, welche man bey einer unrichtig vorausgefetzten Gröfse der erften Explofionskraft findet, doch den wahren Gefchwindigkeiten proportional, und man kann die Zunahme der wahren Gefchwindigkeiten mit dem Wachsthum der nach *d'Arcy* berechneten in folgender Conftruction vergleichen. (S. Fig. 4 Taf. VII.). Man trägt die von *d'Arcy* als beobachtet angegebenen Gefchwindigkeiten als Abfciffen auf die gerade Linie AB. Für jede Länge des Laufs, die bey *d'Arcy's* Beobachtungen ftatt fand, berechnet man nach der Theorie die Gefchwindigkeit, wobey man vorläufig die von *d'Arcy* angegebene anfängliche Elafticität des Pulverdampfs $= 647\frac{1}{3}$mal gröfser, als die Elafticität unferer atmosphärifchen Luft nahe an der Erde fetzen kann: man nimmt nun jede diefer Zahlen als Ordinate zu der für eben die Länge des Laufs aus *d'Arcy* genommenen Abfciffe. So drücken alfo alle Ordinaten EF die berechneten Gefchwindigkeiten aus, welche mit den beobachteten $=$ AE zufammen gehören. Aber diefe berechneten Gefchwindigkeiten find noch nicht die wahren Gefchwindigkeiten, fondern nur denfelben beynahe proportional; indefs laffen fich nun auch die wahren, der Theorie gemäfsen Gefchwindigkeiten aus jenen finden. Denn da *Lambert* annimmt, dafs AE nur deswegen gröfser ift, als die wahre Gefchwindigkeit, weil *d'Arcy* auf die Elafticität der Kugeln keine Rückficht nahm, und es gewifs ift, dafs bey langfa-

men Bewegungen die anstossenden Kugeln sich als unelastisch verhalten: so müssen die Abscissen AE die wahre Geschwindigkeit desto richtiger angeben, je kleiner sie sind. Wären also die Ordinaten EF den wahren Geschwindigkeiten gleich, so müsten Ordinate und Abscisse sich immer mehr der Gleichheit nähern, je kleiner sie werden; und bey ganz kleinen Werthen müssten beyde einander wirklich gleich seyn, das ist, die an A gezogene Tagente der durch sie bestimmten Curve müste mit AB einen Winkel von 45° machen. Das ist bey AT nicht der Fall; aber wenn man nun A*t* so zieht, dass *t*AB = 45° wird, und nimmt auf jeder Ordinate EF ein Stück EG, welches sich zu EF verhält, wie E*t* zu ET: so bestimmen diese abgekürzten Ordinaten EG die wahren Geschwindigkeiten der Kugel, welche statt der angegebenen AE zu setzen sind.

Diese Ordinaten, welche nunmehr als das wahre Maass der Geschwindigkeit gelten sollen, sind also aus folgenden drey Voraussetzungen hergeleitet: 1) Dass die Elasticität des Pulverdampfes im umgekehrten Verhältnisse des Raumes, den er einnimmt, stehen. 2) Dass die Elasticität der Bleykugeln die einzige Ursache sey, weswegen die von *d'Arcy* berechneten Geschwindigkeiten jener Regel nicht entsprachen. 3) Dass bey ganz langsam anstossenden Kugeln gar keine Elasticität merklich sey. — Die Theorie vom Widerstande der Luft ist also bey diesen Bestimmungen gar nicht zum Grunde gelegt, oder als richtig vorausgesetzt worden; und wenn jene veränderten Angaben für die Geschwindigkeit die Widersprüche gegen diese Theorie aufhöben: so wäre das eine neue Bestätigung jener Schlüsse.

Lambert zeigt, daſs die Vermnthungen, als ob der Widerſtand ſo viel gröſser ſey, als die Theorie ihn angibt, bey dieſer Reduction der Geſchwindigkeiten ganz wegfällt, und er hält eben darum ſeine Folgerungen für deſto befeſtigter. Dieſes bewegt ihn dann auch, die Kraft des Schieſspulvers bey der Exploſion in dem Verhältniſſe geringer anzuſetzen, wie die nun als die wahren Geſchwindigkeiten angenommenen *Z*ahlen es erfordern; er ſetzt nämlich dieſelbe nur 238½mal gröſser, als den Druck der Atmosphäre, ſtatt daſs *d'Arcy* ſie 647⅓mal gröſser annahm.

Um über die Richtigkeit dieſer Schlüſſe mit vollkommener Sicherheit etwas zu entſcheiden, dazu reichen wohl die bisherigen Erfahrungen noch nicht zu; indeſs laſſen ſich doch noch einige Vergleichungen anſtellen, welche zeigen werden, daſs die Sache noch keinesweges entſchieden iſt. *Lambert* geſteht ſelbſt, daſs eine momentane Entzündung des Pulvers im eigentlichſten Sinne nicht anzunehmen, alſo keine vollkommene Uebereinſtimmung der Erfahrung mit der Theorie zu erwarten ſey, glaubt aber, der Abgang durch das Zündloch möchte ungefähr der Wirkung des ſpäter entzündeten Pulvers gleich ſeyn, ſo daſs eines das andere erſetzte. Ob dieſes bey *d'Arcy's* Verſuchen der Fall war, läſst ſich freylich nicht gewiſs entſcheiden. Bey den oben angeführten Verſuchen von *Günther* fand es gewiſs nicht ſtatt, denn ſonſt hätte bey gleicher Ladung die aus der Kanone von 32 Caliber lang abgeſchoſſene Kugel nicht viel länger in der Luft bleiben können, als die, welche aus der abgekürzten geſchoſſen ward. Auch die Vorausſetzung, daſs die

Elaſticität der aus dem Pulver entwickelten Lüfte und dampfartigen Stoffe ſich nach dem Mariottiſchen Geſetze ändere, iſt durch *Rumfords* Verſuche wenigſtens nicht beſtätigt. Für eine ganz direkte Widerlegung dieſes Geſetzes kann man ſie indeſs auch nicht ausgeben, da nicht einerley Quantität Pulver in Räumen von verſchiedener Gröſse, ſondern ungleiche Mengen Pulver in einerley Raum entzündet wurden. Dieſes könnte wohl nicht ganz einerley ſeyn, da, zumal bey Dämpfen, die Elaſticität durch die Wärme ſo ſehr vermehrt wird, und bey gröſsern Ladungen vermuthlich mehr Hitze entſteht. Das aber iſt wenigſtens ſehr auffallend, daſs bey einer Ladung von 108 Gran, die *d'Arcy* gebrauchte, die Kraft nur 238½mal ſo groſs, als der Druck der Atmosphäre ſollte geweſen ſeyn, da bey *Rumford* ſchon 18 Gran, welche beynahe ¾ des von ihm gebrauchten Laufes füllten, über 10000mal gröſsere Kraft, als der Druck der Luft iſt, äuſſerten; alſo über 40mal mehr bewirkten, als *d'Arcy's* ſo viel gröſsere Ladung. So viel dazu auch die gänzliche Eingeſchloſſenheit oder die vollkommnere Entzündung beytragen mochte, ſo bleibt der Unterſchied doch ſehr groſs. — Wie wenig hier mit Sicherheit zu ſchlieſsen ſey, zeigen indeſs auch die vorhin angeführten Verſuche von *Günther*. Bey meiner Berechnung der Geſchwindigkeit aus der Ladung iſt die anfängliche Elaſticität des Pulverdampfs 1000mal gröſser, als der Druck der Atmosphäre geſetzt, und man ſieht, daſs dieſes bey kleinen Ladungen die Geſchwindigkeiten zu groſs, bey groſsen Ladungen aber zu klein gibt, und ſehr viel zu klein, wofern die Verſuche auch nur mä-

ſsig genau ſind, und der Widerſtand der Luft nicht kleiner iſt, als die gewöhnliche Theorie ihn angibt. Wollte man aus den durch den Widerſtand der Luft nach *Neuton* berechneten Geſchwindigkeiten die anfängliche Elaſticität des Pulverdampfs berechnen, unter der Vorausſetzung, daſs die Anwendung des Mariottiſchen Geſetzes keinen Zweifel habe: ſo würde man aus den Verſuchen mit dem Mörſer beym erſten Verſuche die Kraft des Pulvers = 109, beym dritten = 644, beym ſiebenten = 1434 finden, wenn der Druck der Atmosphäre die Einheit iſt. Eben ſo würde der erſte Verſuch der dritten Reihe dieſe Kraft = 135 geben, da der letzte der zweyten Reihe ſie ſelbſt, wenn man *Bernoulli's* Zahlen behält, über 5000, nach der in der Tabelle ſtehenden Geſchwindigkeit aber = 8730 gibt. — Hieran mag indeſs der irreguläre Abgang durch den Spielraum oder andere Umſtände einigen Antheil haben. Ich verlaſſe daher dieſe noch allzu dunkle Materie, und ſetze nur noch eine Vergleichung der nach *Lambert* verbeſſerten Robinsſchen Verſuche mit *Neutons* Theorie her. Da die Lambertſche Curve der wahren Geſchwindigkeit ſich nicht bis dahin erſtreckt, wo die Abſciſſe = 1670 wird: ſo behalte ich, um nicht zu ſehr herabzuſetzen, das Verhältniſs 108 : 61 bey, welches das letzte in der Lambertſchen Tafel iſt.

Alsdann wird folgende Vergleichung ſtatt finden:

Angegebene anfängl. Geſchw. nach *Robins.*	Wahre anfängl. Geſchw. nach *Lambert*	Angebl. Geſchw. am Ende des gemeſſen. Weges n. *Robins.*	Wahre beobach. Geſchw. am Ende des gemeſſen. Weges n. *Lambert*	Geſchw. am Ende des gemeſſen. Weges n. *Newton.*
1670	943	1550	875	914
1670	943	1425	805	886
1690	955	1300	734	870
1180 n *d'Arcy*	667	950 n. *d'Arcy*	537	580
1100	621	1000	565	589

wo die Uebereinſtimmung der beyden letzten Reihen noch nicht ſo gar groſs iſt, und es noch um etwas Geringes weniger ſeyn würde, wenn man die Lambertſche Regel genau befolgt, und die gröſseren Zahlen mehr verkleinert hätte, als die kleineren. Vergeſſen darf man hiebey freylich auch nicht, daſs Ungewiſsheiten in den Verſuchen auf dieſe Reſultate ſtarken Einfluſs haben.

Und ſo iſt alſo das Endreſultat dieſer Unterſuchungen dieſes: daſs man noch wenig Beſtimmtes über dieſen Gegenſtand weiſs, und daſs man noch eine groſse und zugleich zweckmäſsig geordnete Reihe von neuen Verſuchen über den Widerſtand der Luft anſtellen muſs, ehe man das wahre Geſetz deſſelben beſtimmen kann.

Fünfter Abschnitt.

Geschichte der Versuche über die Umdrehung der Erde. — Copernicus — Schicksale seines Systems. Galiläi vor der Inquisition — Abschwörungs-Urkunde — Tycho — Riccioli — Mersennes Versuche mit geschossenen Kugeln — Descartes Meynungen. — Neutons Vorschlag, die Umdrehung der Erde durch Versuche zu entscheiden 1669. — Verhandlungen hierüber bey der Academie. — Dr. Hooks Versuche bey 27 Fuss Fallhöhe. — Beschluss der Academie, diese Versuche in Gegenwart einer Commission zu wiederholen. — 16 Versuche hierüber von Guglielmini in Bologna bey 241 Fuss Fallhöhe im Jahr 1791. — Ursache ihres Misslingens. — 3 Versuche von Guglielmini im Jahr 1801. — Nachrichten hierüber aus einem Briefe von Bologna den 20. Sept. 1802. Flaugergues Vorsatz, diese Versuche im Jahr 1795 anzustellen. — 2 Versuche in Strasburg mit steilrecht geschossenen Kugeln im Jahr 1770.

Fünfter Abschnitt.

Geschichte der Versuche über die Umdrehung der Erde. —

Sechstausend Jahre hatten die Menschen geglaubt, dass die Erde still stehe, — als Copernikus kam und lehrte, dass sie sich bewege. —

Diese Lehre war so unerhört, dass man ihr Anfangs nicht einmal widersprach; und erst als der Scharfsinn Galiläis und die vielen Entdeckungen, die so schnell der Erfindung des Fernrohrs folgten, sich für diese neue Lehre erklärten, da sah man, dass sie nicht ein blosses Philosophem sey, — und die Kirche that sie in den Bann.

Copernikus griff einen Irrthum an, der das Zeugniss der Sinne für sich, und stellte eine Wahrheit auf, die es gegen sich hatte. — Er that dieses in einem Zeitalter voll Finsterniss, wo das Licht besserer Kenntnisse kaum anfing aus der Nacht der aristotelisch-scholastischen Philosophie hervorzubrechen; — in einem Zeitalter, wo man noch keine Fernröhre hatte, wo man noch keine Pendelversuche machte, — wo

man die Abplattung der Erde und die Abirrung des Lichts noch nicht kannte.

Das Einzige, was Copernikus diesem Irrthum gegenüberstellen konnte, war das Zeugniss der Vernunft — ein Zeugniss, das nur dem Ohr weniger Menschen vernehmbar war. „Es ist wahrscheinlicher, „sagte er, dass die Erde sich um ihre Axe dreht, als „dass man annimmt, dass alle Planeten in ihren verschiedenen Entfernungen und Bahnen — alle herumschweifende Kometen — und das unendliche Heer „der Fixsterne diese regelmäßige 24stündige Bewegung um die Erde haben sollte. — Und es ist wahrscheinlicher, setzt er hinzu, dass das Rückläufigseyn „der Planeten nur scheinbar ist, und aus der doppelten Bewegung des Planeten und der Erde um die „Sonne kommt, — als dass man annimmt, dass die „Planeten in Epizikeln und Differenten gehen.»

Mit so wenig Waffen griff Copernikus einen Irrthum an, der Jahrtausende gestanden hatte, der schon lange systematisch bearbeitet, und von den größten Astronomen aller Zeiten als Wahrheit anerkannt war. —

Das Alter bringt eine Harmonie in die Irrthümer, welche größer ist, wie die in der jungen Wahrheit, die ihnen entgegengestellt wird. — Das Wahrscheinliche in einem Irrthum arbeitet die Zeit zu einem Ganzen aus, und an das Unwahrscheinliche gewöhnt sich das Auge der Menschen durch Gewohnheit. — Ein tausendjähriger Irrthum ist stärker und hat mehr für sich, als eine junge Wahrheit.

Eine unentdeckte Wahrheit ist bey ihrer Entdeckung nie vollendet. Die reichste Goldstufe hat taubes Gestein an sich, welches die Zeit langsam herunterschlägt. — Copernikus holte die reiche Stufe aus der Tiefe, — aber Keppler gab erst das reine Gold. Sechs und dreissig Jahre hatte Copernikus sie selber schon bearbeitet; aber die vollendete Wahrheit geht nicht aus der Hand des Individuums, sondern aus der Zeit.

Um die Bewegung der Himmelskörper zu erklären, nahmen die Alten an, dass sie in einer gemeinschaftlichen Sphäre befestigt wären, welche sie täglich von Morgen nach Abend um die Erde drehe. — Diese Sphäre war fest, weil sie die Körper drehen musste, — durchsichtig, weil sie die hinteren nicht verdecken durfte, und von ungeheurer Dicke, weil sie alle Himmelskörper in allen Entfernungen von ihrem Mittelpunkt in sich fassen musste. — — — Zugleich war diese Sphäre wieder nicht fest, weil alle übrigen Sphären, welche die Privat-Bewegungen der einzelnen Planeten und Kometen machten, wieder frey durch sie hindurch gehen mussten. Und diese Privatsphären der Planeten gingen wie Cikloiden durch die allgemeine Sphäre, weil sie annahmen, dass die Mittelpunkte der Sphären sich wieder um andere Sphären drehten. Ohne diese Annahme konnten sie das Vorwärts- und Rückwärtsgehen der Planeten und ihre Stillstände nicht erklären. — Die Anzahl dieser durch- und untereinandergehenden Sphären stieg von 24 bis auf 59.

Diese unendlichen Verwickelungen der Sphären, welche mit jeder neuen Entdeckung im Planetenlauf noch wieder mit neuen vermehrt werden mussten — und deren Bewegungen sich unter sich widersprachen, empörte den Geist des Copernikus, eines Mannes von strengen Sitten, von großsem einfachem Carakter, und voll ruhiger klarer Vernunft.

Hier ist die Entdeckungsgeschichte seines Systems, so wie er sie Paul dem Dritten, einem gelehrten und aufgeklärten Pabste, in der Zuschrift seines Buchs *de revolutionibus orbium* erzählt. — Diese Zuschrift ist doppelt merkwürdig, da wir nichts von Copernikus besitzen, was uns so viel Licht über den Charakter dieses bescheidenen anspruchlosen Mannes gibt, — der aber zugleich bereit ist, das, was er für Wahrheit hält, männlich und kräftig zu behaupten. Von Copernikus besitzen wir keine Briefe, — wie von Keppler — und Bücher hat er in seinem siebenzigjährigen Leben auch weiter keine geschrieben, als das eine, welches seinen Namen auf die Nachwelt gebracht hat. Und in diesem Buche hielt er sich so ernst an den Gegenstand, und erlaubt sich so gar keine Abschweifungen, wie der witzige Keppler, dass man im ganzen Buche weiter keine *Züge* zu seinem Charakter findet, als seinen einfachen Ernst.

„Ich kann mir, heiliger Vater! — sagt er, in der Vorrede, — leicht vorstellen, dass die Meynung von der Bewegung der Erde, welche ich in diesem Buche vortrage, nicht wenig wird ausgepfiffen und verschrieen werden. Ich habe keine so hohe Meynung von meinen Arbeiten, dass ich das nicht erwägen sollte, was

andere darüber urtheilen. Und obschon ich weiss, dass die Untersuchungen eines Weltweisen über das gemeine Urtheil erhaben sind, weil er die Wahrheit in allen Dingen aufsuchen muss, so fern Gott dieses der menschlichen Vernunft vergönnt hat, so glaube ich doch, dass man die Meynungen anderer nicht gänzlich fliehen muss.» —

„Indem ich nun dachte, wie ungereimt man meine Meynung von der Bewegung der Erde finden würde, da die gemeine Meynung, dass die Erde der Mittelpunkt sey und ruhe, schon seit Jahrhunderten als wahr anerkannt ist, so stand ich bey mir an, ob ich das, was ich über ihre Bewegung und über die Beweise dafür geschrieben hatte, ans Licht geben, oder ob ich nicht lieber dem Beyspiel der Pythagoräer und einiger anderen folgen sollte, welche die Geheimnisse der Philosophie nicht durch Schriften bekannt machten, sondern sie nur ihren Angehörigen und Freunden lehrten; so wie Lysides dieses an Hipparch schreibt. Es scheint mir, nicht dass sie dieses, wie einige meynen, aus gelehrter Missgunst gethan haben, sondern damit die Wahrheiten, welche durch die Anstrengungen grosser Männer gefunden wären, nicht an Menschen verschwendet würden, die sie verachten, — oder die zu träge sind, um sich mit andern Dingen zu beschäftigen — als — — mit dem Einträglichen. — Oder die, wenn sie durch die Ermahnungen und das Beyspiel anderer zum freyen Studium der Philosophie angetrieben werden, — doch wegen Beschränktheit des Verstandes unter den Philosophen herumgehen, wie die Drohnen unter den Bienen. — Obschon

ich das, was vielleicht für mich wegen der Neuheit und der ſcheinbaren Ungereimtheit meiner Lehre zu fürchten iſt, — verachte, ſo beſtimmten mich doch dieſe Betrachtungen ſehr nahe, das angefangene Werk völlig zu unterlaſsen.»

„Aber meine Freunde, zu denen vorzüglich der Cardinal Schönberg von Capua, und mein geliebter Tidemann Giſius Biſchof in Culen gehören*), haben mein Säumen und Widerſtreben endlich beſiegt. Dieſer ermahnte mich, nicht allein mein Buch herauszugeben, ſondern foderte es, daſs ich das bekannt mache, was ich nicht in's neunte Jahr verborgen hielt, ſondern in's viermal neunte. — Auſſer dieſen beyden ermahnten mich noch mehrere gelehrte und bedeutende Männer, daſs ich meine Arbeiten zum Nutzen der mathematiſchen Wiſſenſchaften hergeben möchte. Denn je ungereimter einigen die Bewegung der Erde ſcheinen möchte, deſto mehr Bewunderung und Dank verdiene der Verfaſſer, der durch ſeine Erklärungen die Dunkelheit des Unſinns aufgehoben und klare Be-

*) Dieſen letztern verdanken wir vorzüglich das Werk des Copernikus. Denn als Copernikus nur Tafeln nach ſeinem Syſtem herausgeben wollte, aber nicht das Syſtem ſelber, da ſagte ihm Giſius: „daſs man aus Tafeln, welche auf einem Syſtem beruhten, welches ſo ſehr von der gemeinen Meynung abwich, dieſes vielleicht nie würde kennen lernen, und daſs dann ſeine Arbeit ſehr wahrſcheinlich verloren wäre.» Copernikus wollte nämlich nur für die Eingeweihten, denen er zutraute, daſs ſie ſeine wahre Meyuung ſchon herausfinden würden, ſchreiben, die Uneingeweihten ſollten ausgeſchloſſen bleiben. — Indeſs ſiegten denn doch die Gründe von Giſin, und er machte nicht allein die Tafeln bekannt, ſondern zugleich alles das, worauf ſie beruhen. —

weiſe gebe. — Dieſen Ueberredungen habe ich endlich nachgegeben, und habe meinem Freunde die Herausgabe des Werks erlaubt.»

„Ew. Heiligkeit ſehen alſo, warum ich meine nächtlichen Arbeiten ans Licht gegeben habe. — Aber Sie werden nun fragen: wie ich dazu gekommen, daſs ich gegen die gemeine Meynung der Mathematiker, und ſelbſt gegen den Schein der Sinne die Bewegung der Erde angenommen habe.»

„Ich muſs Ew. Heiligkeit geſtehen, daſs mich nichts anders bewogen hat, die gemeine Meynung der Mathematiker zu verlaſſen, als daſs ich ſah, daſs ſie unter ſich nicht einig waren. Zuerſt ſind ſie ſo ungewiſs über die Bewegung der Sonne und des Mondes, daſs ſie die Gröſse des Jahrs weder angeben, noch beobachten können. Dann weichen ſie zweytens unter ſich in Hinſicht der Kreiſe ab, in denen ſich die Planeten bewegen ſollen. Einige nehmen homocentriſche Kreiſe an, andere excentriſche und Epicikel, welche doch wieder dem Ganzen nicht Genüge thun. Die, welche concentriſche Kreiſe annahmen, konnten die ungleichförmige Bewegungen nicht erklären; — und die, welche excentriſche annahmen, konnten dieſes zwar zum Theil, aber ſie muſsten Vorausſetzungen dabey annehmen, welche den Geſetzen der gleichförmigen Bewegung zu widerſprechen ſchienen. — Aber — und das iſt die Hauptſache — alle konnten keine beſtimmte Form der Welt finden, ſo daſs es ein groſses Ganze machte, in dem die Theile ſymmetriſch geordnet ſind. Und daher kam es, daſs die Syſteme ausſahen wie ein zuſammengeſtoppeltes Gemählde, wo-

zu man vom Einen den Kopf, vom Zweyten die Arme, und vom Dritten die Beine genommen hat. Wenn auch die einzelnen Theile gut gemahlt sind, so sieht doch das Ganze einem Ungeheuer ähnlicher, als einem Menschen. — Oft überschlagen sie in ihren Beweisen etwas, was nothwendig da seyn müsste, oder führen etwas an, was nicht zur Sache gehört. Dieses könnte nicht seyn, wenn sie bestimmte Grundsätze hätten; denn wenn ihre Voraussetzungen wahr wären, so müsste auch alles das wahr seyn, was hieraus geschlossen würde. — Das, was ich hier sage, ist vielleicht dunkel; aber ich will es an seinem Orte erläutern."

„Dieser Ungewissheit der mathematischen Sagen wurde ich überdrüssig, als ich sie lange studierte, und sah, dass die Weltweisen, die so manches erforscht haben, noch so wenig von der grossen Weltmaschine wissen, die vom grössten und besten Baumeister erbauet ist. Ich fing deswegen an, die Schriften der alten Philosophen wieder zu lesen, um zu sehen, ob nicht einer gemeynt habe, dass die Bewegung der Weltkörper wohl anders seyn könnte, als die gesagt haben, welche in den Schulen der Mathematiker öffentlich gelehrt werden. Ich fand nun zwar beym *Cicero*, dass *Nicetas* gemeynt habe, die Erde werde bewegt; und nachher fand ich beym *Plutarch*, dass einige andere derselben Meynung waren. Es sey mir erlaubt, hier *Plutarchs* Worte anzuführen *). „*Philolaus*, der Pythagoräer, lehrte, dass sich die Erde in einem schrägen Kreise um das Feuer bewege, dergleichen die Sonne und der

*) Hier führt *Copernikus* die griechische Stelle aus *Plutarch* an.

Mond durchlaufe. Und *Ekphantes* und *Heraklit* aus Pontus lehrten, daſs ſich die Erde um ihre Axe drehe."

„Dieſes gab auch mir Gelegenheit, über die Bewegung der Erde nachzudenken. Und obſchon dieſe Meynung widerſinnig ſchien, ſo wuſste ich doch, daſs man es andern lange vor mir erlaubt habe, Zirkel nach Belieben anzunehmen, um die Erſcheinungen der Himmelskörper zu erklären; und ich glaubte daher, daſs man es auch mir erlauben würde, zu verſuchen, ob man mehr Zuſammenhang in die Erklärung der Erſcheinungen bringen könnte, wenn man die Bewegung der Erde annehme."

„Nachdem ich nun lange die Bewegungen der Erde, welche ich im Buche erkläre, mit der Erfahrung verglichen habe: ſo habe ich gefunden, daſs ſie nicht allein die Bewegungen der Planeten leicht erklären, ſondern daſs auch ein ſolcher Zuſammenhang hineinkommt, daſs nichts von ſeiner Stelle kann verrückt werden, ohne daſs das Ganze zerſtört werde. — Im erſten Buche handle ich von der Bewegung der Erde, in den übrigen von den Bewegungen der Planeten und ihrem Verhältniſs zu der Bewegung der Erde. Ich zweifle nicht, daſs ſcharfſichtige und gelehrte Mathematiker mir beypflichten werden, vorzüglich wenn ſie die Beweiſe, die ich im Buche gebe, nicht flüchtig leſen, ſondern gründlich ſtudieren wollen."

„Damit aber die Gelehrten, ſo wie die Ungelehrten ſehen, daſs ich keinem Urtheile ausweiche: ſo will ich meine Unterſuchungen Ew. Heiligkeit zueignen, weil ſelbſt in dieſem Winkel der Erde, wo ich lebe, Ihre Liebe zu den Wiſſenſchaften und Kenntniſſen ſo be-

kannt ist, daſs Sie leicht durch Ihr Anſehen und Ihr Urtheil den Biſs der Verläumdung abwenden können; — obſchon das Sprüchwort ſagt: daſs gegen ihn kein Mittel ſey."

„Sollten aber welche ſeyn, die, obſchon ſie nichts von Mathematik verſtehen, ſich doch ein Urtheil darüber anmaſsen, — und ſollten dieſe einige Stellen der heil. Schrift nach ihrer Meynung künſteln, und es wagen, mein Syſtem anzugreifen und zu verfolgen — — doch bey dieſen verweile ich nicht, und verachte ihr eitles Urtheil. — Es iſt bekannt, daſs *Lactantius*, berühmt als Schriftſteller, aber unwiſſend in der Mathematik, ſich kindiſch über die Geſtalt der Erde ausdrückte, — als er die verlachte, welche glauben, daſs die Erde eine Kugel ſey."

„Es muſs daher niemand auffallen, wenn ſolche Leute auch über dieſe Meynung lachen werden. Mathematiſche Schriften werden für Mathematiker geſchrieben; und es ſcheint mir, daſs dieſe, und ſelbſt die Kirche, an deren Spitze Ew. Heiligkeit jetzt ſtehen, aus meinen Arbeiten einigen Nutzen ſchöpfen können. Es iſt bekannt, daſs die Verbeſſerung des Kalenders unter *Leo* X. unmöglich war, weil die Gröſse der Jahre und der Monate, und die Bewegung der Sonne und des Mondes nicht genau genug abgemeſſen war. Aufgemuntert durch den Biſchof *Paul*, der an der Spitze dieſes Geſchäftes ſtand, habe ich geſucht, dieſes näher zu beſtimmen. Was ich hierin geleiſtet habe, das überlaſſe ich dem Urtheil Ew. Heiligkeit und dem gelehrten Mathematiker." —

Copernikus überliefs sein Werk seinem Freunde *Gisius*, Bischof von Köln. Dieser sandte es an *Rhetikus* nach Sachsen, und der glaubte, es könne am besten in Nürnberg gedruckt werden. *Andreas Osiander* übernahm die Besorgung, und machte auch (ohne sich zu nennen) die Vorrede: *De hypothesibus hujus operis* *). Der Druck wurde vollendet, und *Rhetikus* übersandte ein Exemplar nach Frauenburg. Aber

*) *Bally* sagt in seiner Geschichte der Astronomie (4r Th. S. 274 der Uebers.): »*Copernikus* sagte, um seinem System Verzeihung zu verschaffen, es wäre die Pflicht des Astronomen, zuerst die Erscheinungen zu sammeln, und, wenn er sie nicht erklären könnte, Hypothesen zu erfinden, die die Erscheinungen für die Vergangenheit und für die Zuknnft erklärten; und diese brauchten weder wahr, noch wahrscheinlich zu seyn.« *Bally* irrt sich, wenn er glaubt, dass dieses *Copernikus* gesagt habe; es steht allerdings in der Vorrede zum Buch *de revolutionibus*, aber diese ist nicht von *Copernikus*. sondern von *Osiander*, und ohne Wissen des *Copernikus* geschrieben. *Ballys* Irrthum ist indess sehr verzeihlich, da sich *Osiander* gar nicht genannt hat. Diese Vorrede ist eine Art Apologie für dieses System, in der *Osiander* eifrig warnt, es für etwas anders zu nehmen, als eine Rechnungshypothese; er schliesst mit folgenden Worten: »*Neque quisquam, quod ad hypothesas attinet, quicquam certi ab Astronomia expectet, cum ipsa nihil tale praestare queat, ne si in alium usum conficta, pro veris arripiat, stultior ab hac disciplina discedat, quam accesserit.*« So dachte *Copernikus* nicht über sein System, das ihm Wahrheit, und nicht Hypothese zur Hülfe der Rechnung war. — Zwar sagt *La Lande* in seiner Astronomie §. 1087., dass *Copernikus* dem *Ptolomäus* nachgeahmt hätte, der auch gleich anfangs in seinem Almagest sagt: Man müsse nicht glauben, dass die himmlischen Körper wirklich so gingen, als die Mathematiker sich einbildeten. Himm-

Copernikus, der sein ganzes Leben gesund war, hatte jetzt einen Blutsturz und eine Lähmung auf der rechten Seite bekommen. Sein Gedächtniss und die Kraft sei-

lische Dinge könne man nicht mit menschlichen Vorstellungen und Maschinen vergleichen. *La Lande* führt hiebey die Stelle an, wo *Copernikus* dem Pabste sagt: »Da ich wusste, dass man anderen erlaubt hätte, willkührliche Kreise zur Erklärung der Bewegungen anzunehmen: so glaubte ich, dass man mir auch erlauben würde, zu versuchen, ob man mehr Festigkeit in die Erklärungen bringen könnte, wenn man die Bewegung der Erde annehme.«

Aber *Copernikus* sagt hier nicht, dass seine Weltordnung blos Rechnungshypothese sey, sondern dass er sie nur hypothetisch angenommen, und sie Jahrelang mit den Beobachtungen verglichen habe. Und diese hypothetische Annahme gewisser Bewegungen war gerade der einzige Weg, die wahre Weltordnung zu finden. Als er nun sah, dass diese Hypothese die schwierigsten Erscheinungen, wie das Rückläufigseyn der Planeten und die Dauer desselben, so natürlich und ungesucht darstellt, so fing *Copernikus* an, die Bewegung der Erde für wahr zu halten, und die Gründe gegen ihre Bewegung, die man aus der scheinbaren Ruhe der Erde nahm, zu widerlegen, und mit Beyspielen, wie z. B. von segelnden Schiffen, zu erläutern. Alles das hätte *Copernikus* nicht nöthig gehabt, wenn sein System eine blosse Hypothese gewesen wäre, oder er es dafür hätte geben wollen. Er hätte dann in der Vorrede ganz kurz sagen können: »Ich glaube eben so wenig, wie Ew. Heiligkeit und die übrige Christenheit, dass sich die Erde bewegt; aber ich finde, dass sich der Planetenlauf besser berechnen läst, wenn man die Rechnung so ansetzt, als wenn sich die Erde jährlich um die Sonne, und die Sonne nicht um die Erde drehe.« — Diese Rechnungshypothese hätte sicher niemand lächerlich gefunden, und er hätte nicht nöthig gehabt, am Ende seiner Zueignung von den Stellen der Bibel zu sprechen, die man gegen sein System anführen könnte.

nes Geistes war geschwächt, und er bereitete sich, dieses Leben mit einem bessern zu vertauschen. Und es begab sich, dass an demselben Tage, wo er starb, und

Copernikus erklärt sich über die Erfindung der Weltordnung und über ihr Verhältniss zu den gangbaren Kenntnissen seines Zeitalters gerade in dieser Zueignung so bestimmt, so ruhig und so anspruchlos, dass man es kaum begreift, wie man ihn so unrichtig hat deuten können. Aber gerade die genialische Besonnenheit, mit der er in der Vorrede über seine Weltordnung zu Menschen spricht, die sein Buch noch nicht gelesen, und denen sein System und die Gründe dafür noch fremd sind, scheint man gar nicht verstanden zu haben. — Warum er sein Werk nicht herausgeben wollte, das war nicht Furcht, sondern das Gefühl von der Heiligkeit der Wahrheit, die durch die Anstrengungen grosser Männer erobert ist. — Und warum er es dem Pabste zueignete, darüber erklärt er sich sehr offen in der Zuschrift an Paul den Dritten. — Und dass dieses nicht *façon de parler* war, das läst sich mit ziemlicher Sicherheit von einem 70jährigen Greise annehmen, von dem die Welt weiss, dass sein Charakter ernst und fest, seine Sitten strenge, und sein Herz mild gegen Arme war. — Für einen solchen Charakter war es unmöglich, dem etwas zu vergeben, was er als Wahrheit anerkannte, und am wenigsten aus einem solchen Grunde, wie *La Lande* meynt: *pour sauver les bienséances de son état.*

Copernikus hätte sich schwerlich vor der Congregation des Vatikans gebeugt, wenn man von ihm, so wie von *Galiläi*, gefordert hätte, sein System abzuschwören. — Auch hätte es vielleicht diese Congregation nicht für gut gefunden, einen deutschen Astronomen wegen ketzerischer astronomischer Meynungen in Anspruch zu nehmen, da sie es nicht einmal verhindern konnte, dass zu derselben Zeit Luther die Rechte des Protestantismus und die Unabhängigkeit vom römischen Bischofe in Deutschland predigte.

wenige Stunden vor ſeinem Tode das Exemplar ankam, welches für ihn beſtimmt war. Er ſah es nun zwar noch und berührte es, aber er hatte jetzt andere Angelegenheiten. Dieſes war den 24ſten Mai 1543, wo er ſeinen Geiſt Gott zurückgab, in einem Alter von 70 Jahren und 3 Monaten (*Gaſſendi*).

In den erſten dreyſsig Jahren machte das Copernikaniſche Syſtem — ſo wie ſpäter das Kantiſche — wenig Aufſehen. — Eine völlig veränderte Anſicht der Dinge intereſſirt immer nur wenige Köpfe, bis ſpäterhin die Menge ſich von der Menge gebieten läſst. — Dieſes iſt der Gang jeder neuen Lehre, die beſtimmt iſt, weit und dauernd auf die Menſchheit zu wirken. Eine völlige Verborgenheit vor den Augen der Welt, vor denen ſie offen da liegt, macht ihre erſte Periode aus. — In der zweyten bekommt ſie Feinde, die ſie anfangs mit Gründen, und ſpäter mit Gewalt zu widerlegen ſuchen. — In der dritten iſt ſie ſiegend, und

Bally ſieht es als eine Merkwürdigkeit an, daſs *Copernikus* mit dem Pabſte nicht von den Stellen der heil. Schrift ſpricht, welche ſcheinbar gegen ſein Syſtem ſind. Aber das thut er allerdings auf der letzten Seite ſeiner Dedikation, und zwar wieder nicht lavirend. *Si fortaſſe erunt* ματαιολόγοι, *qui, cum omnium Mathematum ignori ſunt, et tamen de illis judicium ſibi ſumunt, propter aliquem locum ſcripturae male ad ſuum praepoſitum detortum auſi fuerint meum hoc inſtitutum reprehendere ac inſectari: illos nihil moror adeo ut etiam illorum judicium tanquam temerarium contemnam.* Und nun gibt er zu verſtehen, daſs die Kirche wohl thue, nicht mathematiſche Dinge zu entſcheiden; denn *Lactanz,* weil er nichts von Mathematik verſtand, habe ſich durch ſein Urtheil über die Geſtalt der Erde lächerlich gemacht.

hat unter der Menge blindere Anhänger, als in der vorigen Gegner.

Die Erfindung des Fernrohrs, — die Entdeckung der Jupiterstrabanten, der Sonnenflecken, der Umdrehung der Sonne um ihre Axe, und die sichelförmige Gestalt der Venus verschafften der Astronomie die Aufmerksamkeit und die Theilnahme der Welt, — und alle diese Entdeckungen waren in den Händen Galiläis eben so viele Beweise für die copernikanische Weltordnung.

Tycho, der gröſste Astronom seines Zeitalters, hatte sich gegen sie erkläret, aber mehr aus religiösen Gründen, als aus astronomischen, denn er gestand, daſs sie die Bewegungen der Himmelskörper besser erkläre, als die ptolomäischen. — Aber das Ansehen der Bibel, und vielleicht etwas Eifersucht auf Copernikus, — und ein wenig Stolz auf seinen eigenen Ruhm verhinderten ihm seinen Uebertritt zur neuen Lehre.

Doch muſs man, wenn man gerecht seyn will, nicht vergessen, daſs er in einem Zeitalter lebte, wo alle die Beweise für die copernicanische Weltordnung, welche später gefunden wurden, noch fehlten. Tycho starb im October von 1601, also 9 Jahre vor der Erfindung der Fernröhre; und also 9 Jahre vor allen den Entdeckungen, die damit gemacht wurden.

Wie Tycho wegen einiger Bibelstellen nicht Copernikaner seyn konnte, das finden wir unbegreiflich, die wir in einem Zeitalter leben, wo man eher aus der Wahrheit des copernikanischen Systems die Unwahrheit der Bibel, als umgekehrt aus dieser die

Unwahrheit von jenem beweisen würde. — Aber Tycho trug die Fesseln seines Zeitalters und trug sie vielleicht um so lieber, da Copernikus schon da war. — Auch war damals das copernikanische System das noch nicht, wozu es erst später von *Keppler* gemacht wurde. — Die Planetenbahnen waren damals noch keine Ellipsen, sondern bestanden aus zwey excentrischen Kreisen, von denen sich der kleinere auf dem größeren bewegte. Ohne dieses konnte Copernikus ihre Ungleichheiten nicht erklären. Dieses war der einzige Vorwurf, sagt *Bally*, den man seinem System machen konnte, und vielleicht der einzige, den man ihm nicht gemacht hat. — Das System von Tycho erklärte die Erscheinungen des Planetenlaufs eben so gut, wie das copernikanische, da beyde das miteinander gemein hatten, dass alle Planeten um die Sonne liefen. — Tychos System würde seinem Erfinder Ehre gemacht haben, wenn es vor Copernikus seinem erschienen wäre. Aber da es nach Copernikus kam, so war das Gute, was es enthielt, von diesem genommen, — und in wiefern es sich von diesem unterschied, war es unrichtig.

Einen eifrigeren Gegner, wie Tycho war, hatte die copernikanische Weltordnung an dem Jesuiten *Riccioli*, einem Manne, der nicht allein eine ausgebreitete Gelehrsamkeit besaß, sondern wirklich reelle Kenntnisse hatte, und zugleich ein vortrefflicher Experimentator war. Dieser suchte das copernikanische System im 9ten Buche seines Almagest, in 40 Kapiteln zu widerlegen. Die ersten 18 Kapiteln enthalten die Beweise für das copernikanische System und ihre Wi-

derlegung. — Hier hat der Jesuit oft recht, weil man wirklich unhaltbare Gründe dafür angeführt hatte, wie z. B. die Galiläische Erklärung der Ebbe und Flut aus einer Ungleichheit in der Axendrehung. In den folgenden 22 Kapiteln beweisst er, daſs die Erde still stehe, und hier hat er dann freylich auf jeder Seite Unrecht. Diese Beweise theilt er in vier Abtheilungen. In der ersten stehen die Aussprüche der Vernunft; in der zweyten die der Bibel, in der dritten die der Kirchenväter, und in der vierten die der Kirche.

Das Kollegium der Cardinäle hatte nämlich im Jahr 1616 die copernikanische Weltordnung für schriftwidrig und ketzerisch erklärt. Das Dekret hierüber ist vom 16. März. Es verbietet zuerst die Schriften des Copernikus, und dann die Schriften von *Astunica* und die des Carmeliter-Mönchs *Foscarini*, der zu zeigen suchte, daſs das copernikanische System weder gegen die Wahrheit, noch gegen die Bibel sey.

Als *Galiläi* sich im Jahr 1613 für die copernikanische Weltordnung erklärte, beschuldigten ihn die Dominikaner der Ketzerey. Diese lieſsen sich weiſs machen, daſs *Galiläi* die Bücher *de revolutionibus orbium* geschrieben, und einer von ihnen Namens *Caccini* predigte sehr heftig gegen ihn, über die Worte: *Actorum I. v. 11. Viri Galiläi, quid statis aspicientes in coelum!* Er ging darauf selbst nach Rom und rechtfertigte sich; indem er versicherte, bey der alten Lehre zu bleiben. — Doch wurden in einem Dekret, welches die Inquisition im Jahr 1616 erlieſs, seine Schriften verboten.

Im Jahr 1620 erliefs die Congregation der Cardinäle ein zweytes Dekret über die Schriften des Copernikus. In diesem sagte sie: „dafs sie die Schriften des Copernikus um defswegen verboten hätten, weil er sein System nicht als eine Hypothese, sondern als eine entschiedene Wahrheit vortrage. — Weil aber sein Buch für das gemeine Wesen so viel nützliches enthalte, (*quia in iis multa sunt reipublicæ utilissima*) so erlaube sie das Lesen desselben, wenn folgende Stellen, in denen er von seinem System nicht wie von einer Hypothese spricht, geändert würden. Nun folgt die Anzeige von 10 Stellen, welche abgeändert werden müssen. Hiezu rechnete die Congregation das 8te Kapitel des ersten Buchs. Sie glaubte, dafs dieses eigentlich ganz heraus müsse; da aber dadurch die Ordnung des Buchs gestöhrt werde, so befahl sie, dafs doch wenigstens drey Stellen darin geändert würden. Copernikus wird in diesem Dekret: *Astrologus nobilis* genannt. — Da die Dominikaner unwissend genug waren zu glauben, dafs *Galiläi* die Bücher *de revolutionibus* geschrieben, so wufsten sie wohl schwerlich, dafs die Vorrede, worin das System für eine Rechnungs-Hypothese ausgegeben wird, nicht von Copernikus sondern von *Osiander* sey. — (Dafs die Dominikaner sich hatten aufheften lassen; *Galiläi* sey der Verfasser des Buchs: *de revolutionibus*, erzählt, wenn ich nicht irre, Kästner in seiner Gesch. der Math.)

Im Jahr 1630 ging *Galiläi* wieder nach Rom, um die Erlaubnifs zum Druck seines Werks über die Weltordnungen zu erhalten. — Er sagte in der Vorrede dieses Buchs: »Weil man im Auslande glaubt,

dafs man in Rom das copernikanifche Syftem verboten habe, ohne es zu kennen, fo habe ich zeigen wollen, dafs man in Italien mit den Gründen dafür eben fo bekannt ift, als jenfeits der Alpen. — Ich war damals in Rom, als die heilfame Verordnung erfchien, und die höchften Prälaten des dortigen Hofes hatten mir Gehör und Beyfall gegeben, auch war das Dekret nicht ohne Bericht von mir bekannt geworden. Der Verdacht des Auslandes, dafs man in Rom das copernikanifche Syftem verdammt habe, ohne es zu kennen, bewog mich diefe Gefpräche zu fchreiben, in denen ich für meine Perfon die copernikanifche Hypothefe in Schutz annehme und alle Kunft anwende, um fie zu vertheidigen, und es wird den Anfchein haben, als bliebe fie die fiegende. Ich werde zugleich zeigen, dafs alle Verfuche, die man auf der Erde anftellen kann, unzulänglich find ihre Bewegung darzuthun, da fie fich ohne Unterfchied aus der bewegten Erde eben fo gut erklären laffen, wie aus der ruhenden. — Und dann will ich noch einen Gedanken anführen, der einiges Licht über die dunkele Frage der Ebbe und Flut verbreiten kann. Diefer Gedanke wurde fchon früher bekannt, und es waren einige fo mitleidig, dafs fie fich feiner als eines weggefetzten Kindes annahmen, und für die Geburt ihres Geiftes ausgaben.»

„Ich glaube, aus diefen Betrachtungen wird die Welt erkennen, dafs, wenn andere Nationen mehr gefchifft haben, wir doch nicht weniger nachgedacht haben, und dafs, wenn wir der Ruhe der Erde Beyfall geben, diefes nicht aus Unwiffenheit gefchieht, fondern aus

anderen Gründen, vornämlich aus solchen, welche uns Gottesfurcht, Religion, Kenntniſs der göttlichen Allmacht, und das Bewuſstseyn der Schwäche des menschlichen Verstandes lehren.»

Diese Wendung, die *Galiläi* der Sache gab, und die Vorsprüche des Sekretärs des Pabstes *Ciampoli* verschafften ihm die Erlaubniſs des *Magister sacri palatii*, es drucken zu lassen. *Galiläi* reiste nun nach Florenz zurück, wo es 1632 gedruckt, von der dortigen Inquisition censirt und dem Groſsherzog zugeeignet wurde. —

Indeſs sah man in Rom seine wahre Absicht durch, und die Geistlichkeit glaubte, er spotte ihrer Einfalt, und verstehe unter dem Namen *Simplicius* den einfältigen Pabst, der die Wissenschaften weder kannte noch liebte. — *Galiläi* wurde gleich nach Rom vorgeladen; und es war ein strenger Winter. — Aber weder sein Alter noch die Vorsprache des Herzogs vermochten es, die Reise bis in's Frühjahr zu verschieben. — *Galiläi* kam nach Rom, — der toskanische Botschafter *Nicolini* nahm ihn freundlich auf; bey diesem wohnte er zwey Monate, als er nach dem Gefängniſs der Inquisition geholt wurde. — Hier erhielt er wegen seines Alters auf Vorstellung des Groſsherzogs und des beym Pabst beliebten *Nicolini* drey bequeme Zimmer. Er durfte bis in den Hof gehen, hatte seinen eigenen Aufwärter, und wurde aus dem Hause des Botschafters gespeist. — Weil ihn hier seine alten Gliederschmerzen befielen, so schickte ihn der Cardinal *Barbarini* am Ende des Aprils wieder nach der *Villa Medicis* zurück, wo es ihm er-

laubt war, seiner Gesundheit wegen in den Gärten frische Luft zu schöpfen.

Den 22. Junius musste er wieder vor der Inquisition erscheinen, um sein Endurtheil zu empfangen; man behielt ihn die Nacht über in der Inquisition, wo er den folgenden Morgen in der Dominikaner Kirche die Lehre von der Bewegung der Erde abschwören musste. Was in der Nacht mit ihm in der Inquisition vorgefallen, ist nie bekannt geworden. Es war ihm unter Strafe des Bannes Stillschweigen auferlegt. Selbst sein Freund *Nicolini* konnte hierüber nichts aus ihm herausbringen. — Die Akten des Prozesses sind, man weiss nicht wie, aus der Canzeley der Inquisition verschwunden.

Die Abschwörungsurkunde hat *Riccioli* im 9ten Buch seines *Almagest* mitgetheilt. Sie lautet wie folgt:

„Ich Galiläus *Galiläi*, Sohn von weiland *Vinzenz Galiläi* von Florenz, alt 70 Jahr, habe mich persönlich vor Gericht gestellt, und beuge meine Kniee vor den ehrwürdigen Cardinälen General-Inquisitoren. Indem ich vor Augen habe das heilige Evangelium, welches ich mit meinen Händen berühre, so schwöre ich immer geglaubt zu haben, jetzt zu glauben, und auch mit Gottes Hülfe in Zukunft alles das zu glauben, was die heilige apostolische Kirche für wahr erkennt und lehret.»

„Nachdem mir von der heiligen Inquisition befohlen war, dass ich die falsche Lehre: dass die Sonne der Mittelpunkt der Welt wäre und still stehe, und dass die Erde nicht der Mittelpunkt sey und bewegt

werde, weder glauben, noch vertheidigen, noch auf irgend eine Weiſe weder mündlich noch ſchriftlich lehren ſollte, — und nachdem mir geſagt war, daſs dieſe Lehre gegen die heilige Schrift ſey, ſo habe ich doch nicht allein ein Buch geſchrieben, ſondern es auch drucken laſsen, in welchem ich dieſe verdammte Lehre vortrage und Gründe mit groſser Stärcke zu Gunſten dieſer Lehre vorbringe, ohne eine Entſcheidung hinzuzuthun. Ich bin deſswegen der Ketzerey für verdächtig erklärt worden, als wenn ich dafür hielte und glaubte, daſs die Sonne unbeweglich im Mittelpunkt der Welt ſtehe, und daſs die Erde nicht der Mittelpunkt ſey und bewegt werde.»

„Um nun Ew. Ehrwürden, und einem jeden katholiſchen Chriſten den mit Recht gegen mich gefaſsten Verdacht zu benehmen: ſo ſchwöre ich mit reinem Herzen und unverſtelltem Glauben, und verfluche die oben genannten Irrthümer uud Ketzereyen, und überhaupt jeden anderen Irrthum und jede Meynung, welche gegen die Lehre der Kirche iſt. Zugleich ſchwöre ich, in Zukunft nie etwas mündlich oder ſchriftlich zu ſagen, wegen deſſen man mich in einem gleichen Verdacht haben könnte, ſondern ich will, wenn ich irgendwo Ketzerey finde oder vermuthe, — es gleich dem heiligen Gericht anzeigen, oder dem Inquiſitor, der an dem Orte iſt, wo ich mich aufhalten werde. — Ueberdem ſchwöre ich und verheiſse, alle Pönitenzen, welche mir vom heiligen Gericht aufgelegt ſind oder noch aufgelegt werden, zu erfüllen. Sollte es ſich aber zutragen, daſs ich etwas thun ſollte, was meinem Verſprechen und Eide entgegen wäre (welches Gott ver-

hüte) so unterwerfe ich mich all' den Strafen, welche von den heiligen Gerichtshöfen über solche Verbrecher (*deliquentes*) verfügt werden. So wahr mir Gott helfe und sein heiliges Evangelium, welches ich mit den Händen berühre.»

„Ich *Galiläus Galiläi* habe dieses abgeschworen, geschworen, verheissen und versprochen; und habe zur Beglaubigung die gegenwärtige Urkunde eigenhändig unterschrieben, und von Wort zu Wort wiederholt. So geschehen zu Rom den 22. Jun. 1633.

Ich *Galiläus Galiläi*
habe dieses abgeschworen *mppra.*»

Das Urtheil des *Galiläi* bestand in drey Punkten. Er sollte, ausser der Abschwörung seines Systems, noch auf eine unbestimmte Zeit im Gefängniss der Inquisition sitzen, und drey Jahre hindurch jede Woche die sieben Busspsalmen hersagen. *)

*) *Gehler* sagt in seinem W. B. S. 718., 4. Theil, dass *Galiläi* zu einem lebenslänglichen Gefängniss verurtheilt worden. Dieses ist ein Irrthum, denn in der Urkunde vom Endurtheil, die *Riccioli* nebst den übrigen Aktenstücken am Ende des vierten Abschnitts des 9ten Buchs seines Almagest mittheilt, steht dieses nicht. Der Schluss ist nämlich folgender: — — — *Dicimus, pronunciamus, judicamus et declaramus te Galiläum supradictum, ob ea quæ deducta sunt in processu scriptura, et quæ tu confessus es ut supra, te ipsum reddidisse huic S. Officio vehementer suspectum de haresi,* (also nicht überwiesen) *hoc est, quod credideris doctrinam falsam ac contrariam sacris ac divinis scripturis, solem videlicet esse centrum mundi et eum non moveri ob Oriente in Occidentera, et terram moveri, nec esse centrum mundi, et posse teneri ac defendi tanquam probabilem opinionem aliquam,*

Galiläi wurde bald nachher freygelassen, und ging auf sein Landgut *Arcetri* im Florentinischen. Sieben Jahre nachher wurde er völlig blind, und starb den 8. Januar 1642. — *) In diesem Jahre wurde *Neuton* gebohren. — —

*) Im Jahr 1737 wurde er ausgegraben, und in ein marmornes Grabmal gelegt. Sein Angesicht war noch unverletzt und den Büsten ähnlich, die man von ihm in Florenz hatte. —

Galiläi war ein fröhlicher Gesellschafter. — Er sah gerne Freunde bey sich zu Tisch, und liebte die Musik, die Dichter und die Weiber. Mit einer schönen Griechin hatte er einen Sohn, und zwey Töchter. Er war 1564 zu *Pisa* gebohren; sein Vater war ein Florentinischer Edelmann *Vinzenzio Galiläi*, seine Mutter *Julia Amati* aus einem alten Geschlechte in *Pescia*. — Sein Körperbau war stark, sein Auge voll Feuer, seine Sprache fein und gebildet — seine Lieblingsbeschäftigung der Acker- und Gartenbau. S. Geschichte des Lebens *Galiläi Galiläi* von *Jagemann*, Weimar 1783. *Kästners* Geschichte der Math. B. IV. S. 179.

postquam declarata ac definita fuerit contraria sacræ scripturæ; et consequenter te incurrisse omnes censuras et pœnas a sacris Canonibus et aliis Constitutionibus generalibus et particularibus, contra hujusmodi delinquentes statutis et promulgatis. A quibus placet nobis ut absolvatis, dummodo prius corde sincero et fide non ficta coram nobis abjures, maledicas et detesteris supradictos errores et hæreses, et quemcunque alium errorem et hæresin contrariam Catholicæ et Apostolicæ Romanæ Ecclesiæ ea Formula, quæ tibi a nobis exhibebitur.

Ne autem tuus iste gravis et perniciosus error ac transgressio remaneat omnino impunitus et tu imposterum cautior evadas, et sis in exemplum aliis, ut abstineant ab hujusmodi delictis, decernemus ut per publicum edictum prohibeatur

An dem Prozeſſe gegen *Galiläi* hatte der Ordenshaſs der Jeſuiten und Dominikaner groſsen Antheil. — *Galiläi* hatte gegen *Scheiner* und einige andere Jeſuiten geſchrieben, dieſes zog ihm den Haſs des Or-

liber dialogorum Galiläi Galiläi, te autem damnamus ad formalem carcerem hujus S. Officii, ad tempus arbitrio noſtro limitandum, et titulo pœnitentiæ ſalutaris precipimus ut tribus annis futuris recites ſemel in hebdomada ſeptem pſalmos pœnitentiales: reſervando nobis poteſtatem moderandi, mutandi aut tollendi omnino vel ex parte ſupradictas pœnas et pœnitentias. Et ita dicimus, pronunciamus ac per ſententiam declaramus, ſtatuimus, damnamus et reſervamus hoc et omni alio meliori modo et formula, qua de jure poſſumus ac debemus.

Ita pronunciamus nos infraſcripti Cardinales.

Nun folgen die Unterſchriften von ſieben Cardinälen. — Man ſieht, daſs die ganze Klage gegen *Galiläi* ſich darauf gründete, daſs, obgleich ihm von der Inquiſition vor 16 Jahren verboten war, dieſe ketzeriſche Lehre weder zu vertheidigen noch auf irgend eine Art zu lehren, (*Galiläi* läugnete indeſs etwas von einem ſolchen Verbot zu wiſſen.) — daſs er doch dieſe Lehre in ſeinen Geſprächen auf eine Weiſe behandele, durch die er ſehr verdächtig werde, dieſer ketzeriſchen Lehre anzuhangen. — Daſs ſie ſo gelinde mit ihm verfuhren, davon geben ſie den Grund an, daſs ihm vielleicht ſein Gedächtniſs darüber untreu geworden wäre, was er damals verſprochen. — Aber der wahre Grund lag darin, daſs die Dominikaner, welche damals ſehr vielen Einfluſs am römiſchen Hofe hatten, auf eine gewiſse Weiſe mit in dieſe ketzeriſche Lehre verflochten waren, und daſs dieſe die Jeſuiten, die ſeine Ankläger waren, tödlich haſsten. — Ohne dieſes hätten vielleicht alle Vorſprache des Groſsherzogs, und alle Verwendungen ſeines Freundes *Nicolini* ihn nicht aus den Händen der Inquiſition retten können.

dens zu; vorzüglich war ein gewiſſer Pater *Graſſi*, der in Rom vielen Einfluſs hatte, ſein eifriger Feind. — Hingegen begünſtigten ihn jetzt die Dominikaner, welche mit in ſein Schickſal verflochten waren, da der *Magiſter Sacri Palatii*, der die Erlaubniſs zum Druck gegeben hatte, ein Dominikaner war. — Der Sekretär des Pabſtes *Ciampali*, der ſie ihm verſchafft hatte, war auch ein Dominikaner, und der Commiſſarius der Inquiſition war einer.

Der Herzog von Florenz war ſein Gönner, der Geſandte *Nicolini* beym Pabſte beliebt, und ſein Freund. — Dieſer Zuſammenfluſs von Umſtänden erzeugte jene Miſchung von Milde und Härte, die man in den letzten Akten des Galiläiſchen Prozeſſes ſieht. —

Das Schickſal des *Galiläi*, den man von der einen Seite für einen Ketzer, und von der anderen für einen Märtyrer der Wahrheit hielt, vermehrte die Theilnahme, die man an der neuen Lehre nahm, und man ſuchte ſie von der einen Seite eben ſo eifrig zu vertheidigen, als von der andern zu widerlegen.

Unter den Gründen gegen die copernikaniſche Weltordnung führten *Tycho* und *Riccioli* vorzüglich folgende an:

Wenn man von einem Thurme einen Stein herunter fallen läſst, ſo fällt dieſer am Fuſs des Thurms nieder. Wenn die Erde ſich aber bewegte, ſo müſste dieſer Stein weit nach Weſten fallen, weil ſich der Thurm während der Fallzeit nach Oſten bewegte. Aber hierauf hatte ſchon Copernikus und Keppler geantwortet: daſs, wenn ſich die Erde bewege, ſie

ſich auch mit allem bewege, was auf ihr iſt; und der Stein, der dieſelbe Bewegung nach Morgen hat, verliehrt dieſe nicht, wenn er anfängt zu fallen, ſondern bewegt ſich während des Falls eben ſo ſchnell nach Morgen wie der Thurm, und muſs deſswegen am Fuſs deſſelben niederfallen. Eben ſo fällt ein Stein, der auf einem ſegelnden Schiff aus der Spitze des Maſtes fällt, am Fuſs des Maſtes nieder, obſchon der Maſt mit dem Schiffe ſich während der Zeit um 20 Fuſs fortbewegte. Tycho läugnete dieſes, *Gaſſendi* ſtellte hierüber im Hafen von Marſeille Verſuche auf ſchnellſegelnden Schiffen an, die es beſeſtigten.

Von den 77 Beweiſen, die *Riccioli* gegen das copernikaniſche Syſtem vorbringt, beruht ein groſser Theil auf dieſem Satze, der unter verſchiedenen Geſtalten vorgetragen wurde. So ſagte man, daſs den Vögeln, die in der Luft ſchweben, ihre Neſter und ihre brütende Gatten weggeführt würden, wenn die Erde ſich bewege, — und daſs Kugeln von Abend nach Morgen geſchoſſen, über derſelben Stelle des Bodens bleiben müſsten, wenn ſie ſich eben ſo ſchnell als dieſer nach Morgen bewegten.

Noch einen andern Einwurf gegen Copernikus nahm *Riccioli* aus dem Geſetz des Falls, bey dem ſich die Fallräume von 1, 2, 3, 4.... Sek, erhalten, wie 1, 3, 5, 7, ... Bey dieſem Geſetz ſtimmt die Erfahrung vollkommen mit der Theorie überein. Dieſes könnte aber nicht ſeyn, meynt *Riccioli*, wenn die Erde ſich bewege, weil dann die fallenden Kugeln keine geraden Linien ſondern Diagonalen von Parallelogrammen beſchrieben, deren horizontalen Seiten gleiche,

deren verticalen aber im Verhältniſs der Zahlen 1, 3, 5, 7, wären. Von dieſen Diagonalen läſst ſich zeigen, daſs ſie in einem andern Verhältniſs als die Zahlen 1, 3, 5, 7... ſtehen, und deſswegen, meynt *Riccioli*, lieſse es ſich auch beweiſen, daſs die Erde ſich nicht bewege. Bey dieſen Schlüſſen überſah *Riccioli* den Umſtand, daſs die Scale, mit der die fallenden Körper verglichen werden, dieſelbe Bewegung nach Morgen hat, als die Kugeln, daſs alſo die Kugeln und Scale in Hinſicht dieſer Bewegung ruhend gegen einander ſind. Und ſobald dieſe Bewegung wegfällt, es mag nun durch relative, oder abſolute Ruhe ſeyn, ſo bleibt nur die Senkrechte übrig, und dieſe muſs ſich in beyden Fällen nach den Zahlen 1, 3, 5, 7.... verhalten. *)

Merſenne und *Petit* ſtellten in Frankreich Verſuche mit ſteilrecht geſchoſſenen Kugeln an, — da ſie dieſe nicht wiederfanden, ſo glaubten ſie, daſs ſie ſie von der Erde weggeſchoſſen hätten. Dieſes meynte auch *Descartes*, welcher glaubte, daſs bey groſsen Entfernungen die Schwere völlig aufhöre, und daſs dieſes auch die Urſache ſey, warum Kraniche und andere Vögel ſo hoch fliegen könnten, und daſs die übrigen Planeten nicht gegen die Erde fielen. Er ſagt S. 408 im 1ſten Theil ſeiner Briefe: *enfin ſi l'expériences que vous (Merſenne) m'avez mandé vous meſme avoit faite et que quelques autres ont auſſi eſcrite est*

*) (In einem gewiſſen Sinn hat *Riccioli* doch recht; — wenn die Fallzeiten ſich genau verhalten, wie 1, 3, 5, 7 ſo muſs die Erde ſtill ſtehen. — Aber an dieſen gewiſſen Sinn dachte *Riccioli* nicht, ſo wie vielleicht mancher an das nicht gedacht hat, wegen deſſen er ſpäter gelobt und bewundert wurde.)

veritable à ſcavoir, que les balles de pieces d'artilleries tirées directement vers le Zenith ne retombent point, on doit juger que la force du coup les portant ſort haut, les eloigne ſi ſort du centre de la Terre, que cela leur ſait perdre leur peſanteur:

Galiläi zeigte in ſeinen Geſprächen: daſs man durch keine Verſuche über die Bewegung der Erde entſcheiden könne, weil der Erfolg derſelben wäre; die Erde möge ruhen oder ſich bewegen. — Und die Verſuche, welche die Akademie des *Cimento* in Florenz mit ſteilrecht geſchoſſenen Kugeln anſtellen lieſs, hatten nicht zur Abſicht, um über die Axendrehung zu entſcheiden, ſondern um einige Lehrſätze des *Galiläi* an der Erfahrung zu prüfen. So hatte z. B. *Galiläi* geſagt, wenn von zwey Kanonen eine ſteilrecht und die andere waſſerpaſs loſsgeſchoſſen würde, ſo würden beyde Kugeln zugleich auf die Erde fallen. Ferner prüften ſie den Satz: daſs eine neue Richtung der Bewegung die alte nicht ſtöhre. Sie lieſsen ein kleines Stück, deſſen Caliber 1 Pfund war, auf einen Wagen ſtellen, der mit 6 Pferden beſpannt war, und im vollen Fahren auf einem ebenen Boden abfeuern. Während die Kugel in der Luft war, war der Wagen 64 Ellen fortgefahren, und als ſie nieder ſiel, war ſie nur ungefähr 4 Ellen hinter dem Wagen zurück. Man findet dieſe Verſuche in *Muſchenbroek tentamina etc. p.* 115.

Im Jahr 1679 that *Neuton* den ersten Vorschlag zu den Versuchen über die Umdrehung der Erde, mit denen wir uns in diesen Blättern beschäftigen. — Die Nachrichten darüber finden sich in *the History of the Royal society of London by Bird.* — Ich will alles, was sich hievon in der Geschichte der Akademie findet, hier anführen.

Versammlung im Hause des Präsidenten *William-son* vom 8. Dec. 1679.

Dr. *Hook* zeigte einen Brief von Herrn *Neuton* vor, der sein Urtheil über Herrn *Mallmonts* Theorie des Himmels enthielt. Er gab zugleich einen Versuch an, wodurch entschieden würde, ob die Erde sich täglich bewege oder nicht. — Wenn man nämlich einen Körper von einer grossen Höhe fallen liess, so müsse er östlich von der Senkrechten niederfallen, wenn die Erde sich bewege.

Dieser Vorschlag *Neutons* fand bey der Akademie grossen Beyfall, und sie verlangte, dass der Versuch, sobald es die Umstände erlaubten, angestellt werde.

Sir *Christoph Wren* *) glaubte, dass man so etwas versuchen könnte, wenn man Kugeln unter einem gewissen Winkel mit der Senkrechten in die Höhe schösse, und zwar von allen Seiten; man sähe dann am Ende, ob die Kugeln, auf diese Weise geschossen, in einen vollkommnen Zirkel um die Gegend herumfielen, wo der Lauf stünde. Er verlangte, dass dieser Lauf wohl befestigt auf einer Erhöhung stünde,

*) Baumeister der St. Paulskirche — der Lodner *Sonin.*

welche fich auf einer Ebene befinde, die von allen Seiten gleich wäre, und daſs die Mündung der Kanone genau über derfelben Stelle wäre, über die gefchofsen würde.

Hierauf fagte Herr *Flamſtead*, daſs es eine Beobachtung der Conſtabler wäre, daſs das Stück unter einem Winkel von 87 Grad geneigt feyn müſste, wenn die Kugel wieder in die Mündung zurückfallen follte, und daſs er die Urfache davon wiſſe, welche mit der Theorie übereinſtimme; und daſs eine Kugel, die fenkrecht gefchoſſen würde, niemals zurückfalle. Auch führte er die Abweichung von der Senkrechten bey Springbrunnen an. — Aber man glaubte, daſs es von einem Irrthum der Conſtabler herrühre, welche nicht auf alle Umſtände achteten, da eine fenkrecht abgeſchoſſene Kugel gewiſs auch fenkrecht wieder kommen würde, und eine Kugel, die unter einem Winkel von 87 Grad in die Höhe ginge, würde in einer beträchtlichen Abweichung von dem Platze fallen, wo fie abgefchoſſen ward.

Verfammlung vom 17. Dec. 1679.

Dr. *Hook* laſs feine Antwort an *Neuton* vor, in der er auseinanderfetzte, daſs die Linie, die ein fallender Körper befchriebe, der durch die tägliche Umdrehung der Erde und durch die anziehende Kraft getrieben würde, — keine Spirallinie fey, wie *Neuton* zu glauben fchien, — fondern eine excentrifche Ellipfoide, wenn man keinen Widerſtand vorausfetze. Nehme man aber auf diefen Rückficht, fo würde es eine excentrifche, elliptifche Spirallinie, welche nach mancher Umdrehung zuletzt im Mittelpunkt der Erde

ankommen würde. — Ferner: daſs der Fall nicht genau öſtlich ginge, wie *Neuton* vorausſetze, ſondern ſüdöſtlich und mehr nach Süden als nach Oſten.

Es ward verlangt, daſs, was von dieſem Verſuche möglich ſey, bey der nächſten Gelegenheit ſollte gemacht werden.

Verſammlung im Hauſe des Vize-Präſidenten *Mr. Henshaw* den 18. Dec. 1679.

Dr. *Hook* gab von den Verſuchen Rechenſchaft, die er über den Vorſchlag *Neutons* gemacht hatte, und ſagte, daſs er bey jedem gefunden habe, daſs die Kugeln ſüdöſtlich von der Senkrechten fielen. Aber da der Abſtand von der Senkrechten nicht immer derſelbe war, und da die Verſuche in freyer Luft gemacht wurden, ſo konnte nichts zuverläſſiges davon geſchloſſen werden. Er habe aber die Abſicht, Verſuche in einem verſchloſſenen Raume zu machen, wo die Luft weniger bewegt wäre, und er hoffe, dieſes noch vor der nächſten Sitzung der Societät zu bewerkſtelligen.

Verſammlung vom 8. Januar 1680 im Hauſe des Vice-Präſidenten *Wren*.

Die Geſellſcaft verlangte, daſs die Verſuche über die Axendrehung ſobald wie möglich gemacht würden.

Verſammlung vom 14. Januar 1680 im Hauſe des Präſidenten *Williamſon*.

Dr. *Hook* zeigte die Kugel vor, die er aus einer Höhe von 27 Fuſs hatte fallen laſſen. Er hatte auf den Thon zwey Kreuzlinien gezogen, deren Durchſchnittspunkt ſenkrecht unter dem Aufhängepunkt

der Kugel war. Er zeigte, wie viel die Kugel östlich und südlich von der Senkrechten abgewichen war, und erklärte umständlich die Art, wie die Versuche waren gemacht worden.

Man verlangte, daſs dieser Versuch vor einer Anzahl Mitglieder aus der Gesellschaft angestellt würde; dieser sollte noch vor der nächsten Zusammenkunft gemacht werden, und die dazu bestimmte Zeit war den folgenden Montag Nachmittag 3 Uhr.

Weiter findet sich nun nichts von diesen Versuchen in der Geschichte der Societät, — und man kann daher nicht sagen, ob diese beschlossene Versuche wirklich angestellt worden sind oder nicht, — oder ob sie miſslungen sind, und daſs man deſswegen davon geschwiegen hat, damit kein nachtheiliges Licht auf den Sekretär der Gesellschaft Dr. *Hook* fiel, der schon einen gelungenen vorgezeigt hatte — oder aus Rücksicht gegen *Neuton*, oder vielleicht endlich gar wegen Copernikus, dessen System damals noch nicht so befestigt war als jetzt. *)

*) Es ist bekannt, daſs *Neuton* die Gradmessungen, die man zuerst in Frankreich und Holland wegen der Abplattung machte, ungerne sah, weil er den groſsen Einfluſs der Fehler der damals noch sehr unvollkommnen Messungen fürchtete. Aus denselben Gründen sahe er vielleicht die Versuche von Dr. *Hook* ungern. So nahe sich *Neuton* bey seinen Untersuchungen überall an die Erfahrung hielt, so setzte der doch seine Theorieen ungern solchen Prüfungen aus, bey denen die unvermeidlichen Fehler Abweichungen hervorbringen könnten, die doppelt so groſs waren als das Ganze.

Daſs man die Verſuche angeſtellt hat, und daſs ſie miſslungen ſind, iſt wohl ziemlich wahrſcheinlich; bey einer Fallhöhe von 27 Fuſs konnte die Abweichung von der Senkrechten noch nicht $\frac{1}{4}$ Linie betragen; und wir werden nachher ſehen, daſs, wenn dieſe Verſuche mit aller möglichen Sorgfalt angeſtellt werden, man doch bey dieſer Fallhöhe nicht für $\frac{1}{2}$ Linie einſtehen kann. Und daſs Dr. *Hook* nicht alle Vortheile kannte und anwandte, die man ſpäterhin bey dieſen Verſuchen kennen und anwenden lernte, das iſt wohl ſicher. — Dr. *Hook* muſste überhaupt zuviel und zu vielerley als Sekretär und Experimentator der Geſellſchaft thun, um eine Sache, die Feinheit, Aufmerkſamkeit und Geduld erfoderte, ordentlich behandeln zu können.

In den *philoſ. transact.* findet ſich auch weiter keine Nachricht von dieſen Verſuchen; wenigſtens habe ich in ihnen mehrmals nach dieſen Verſuchen geſucht; dieſer Theil der *Transact.* iſt lange ſo ordentlich nicht als die ſpäteren, oder als die gleichzeitigen Memoiren der Pariſer Akademie. Endlich fand ich in der Vorrede zum Januar 1683, daſs man in vier Jahren keine herausgegeben habe. Die Urſache davon wird nicht angegeben, ſondern nur geſagt: die Societät hielte ſich nicht verpflichtet, ihre Abhandlungen drucken zu laſsen; weil man aber dieſes von mehreren Seiten gewünſcht hätte, ſo erſchienen jezt die von gegenwärtigem Jahre. — Es fehlt alſo 1680, und dieſes iſt gerade das Jahr, in dem man ſie am meiſten vermuthen könnte. —

Vielleicht befindet ſich im Archive der Societät noch der Brief von *Neuton*, der dieſes alles veranlaſste. Dieſes wäre ein wichtiges Aktenſtück für die Geſchichte dieſer Verſuche.

Es iſt merkwürdig, daſs man, als *Neuton* die Verſuche über den Widerſtand in der St. Paulskirche anſtellen lieſs, damals nicht wieder an dieſe Verſuche dachte. Und eben ſo merkwürdig iſt es, daſs der thätige *Deſaguliers*, der ſo ſehr geſchickt im Experimentiren war, und der durch die andern Verſuche mit fallenden Kugeln, die er in der St. Pauluskirche anſtellte, wuſste, wie ſehr ſich dieſe Kirche zu dieſen Verſuchen eigene, — daſs auch dieſer keine Anſtalten traf, dieſe Verſuche anzuſtellen.

Man hat vermuthlich dieſe Verſuche für ſo ſchwierig gehalten, daſs man an der Möglichkeit zweifelte, ſie ſo anzuſtellen, daſs die Fehler, die man beging, kleiner wären, als die Gröſse, die man beſtimmen wollte. — Wenigſtens findet man von nun an, in einem Zeitraume von 110 Jahren, Niemanden mehr, der es gewagt hätte, ſie anzuſtellen; und dieſes iſt um ſo auffallender, da die Idee dazu von einem Manne herrührte, den ganz Europa vergötterte, — von dem man vorzüglich in England kein Wort auf die Erde fallen lieſs, — und deſſen Irrthümer ſelbſt man erſt nach einem halben Jahrhundert zu bezweifeln wagte.

Eben ſo günſtig, als die St. Paulskirche, war die Pariſer Sternwarte zu dieſen Verſuchen gebaut. Man hatte in ihr eine freye Fallhöhe von 168 Fuſs und hatte zugleich die Schwierigkeiten nicht zu überwinden, welche ſich immer finden, wenn man Verſuche

in einem öffentlichen Gebäude anſtellt. Aber in Paris ſcheint man erſt in neuern Zeiten auf die Idee gekommen zu ſeyn, die Sternwarte zu dieſen Verſuchen zu nutzen.

In *La Landes* Aſtronomie ſteht hierüber folgende Stelle, und, wenn ich nicht irre, in allen drey Auflagen derſelben.

Tom. I, §. 1082. *Neuton proposoit, en* 1679, *de faire une expérience avec un boulet que l'on feroit tomber verticalement d'une grande hauteur. Pour reconnoître si la Terre avoit un mouvement diurne; il disoit que le boulet devoit tomber à l'orient de la verticale, si la Terre a un mouvement. Peut-être il vouloit parler d'une petite différence qui vient de la courbure de la Terre et du défaut de parallelisme des lignes verticales.* — —

Aber die Abweichung nach Oſten, von der *Neuton* ſprach, kommt nicht *de la courbure de la Terre et du défaut de parallelisme des lignes verticales*, ſondern weil die Kugel von einer Stelle fällt, wo ſie weiter von der Erdachſe iſt, als unten ihr ſenkrechter Punkt, und wo ſie folglich auch einen gröſseren Schwung nach Morgen hat, als dieſer. Da ſie nun während des Falls ihren gröſseren Schwung nicht verliert, ſo muſs ſie dem ſenkrechten Punkt im Fuſsboden voreilen, weil dieſer eine *kleinere* Geſchwindigkeit nach Morgen hat, — wenn ſich die Erde um ihre Achſe dreht; — dreht ſie ſich aber nicht um ihre Achſe, ſo bleibt die Kugel während der ganzen Zeit ihres Falls immer über ihrem ſenkrechten Punkt, und trifft dieſen beym Auffchlagen.

Die Krümmung der Erde und der Mangel des Parallelismus der Vertikalen kommt hiebey nicht in Betracht, — denn unter den Polen, wo die Erde eben so krumm, und die Vertikalen eben so wenig paralell sind als unter dem Aequator, — da findet keine Bewegung nach Osten statt; — und eben so wenig würde eine unter dem Aequator statt finden, wenn die Erde sich nicht drehte, obschon dann die Vertikalen auch nicht paralell wären.

Nach 112 Jahren unternahm es *Guglielmini*, ein junger Geometer in *Bologna*, diese Versuche auf dem dortigen Thurme *degli Asinelli* — berühmt durch die Versuche von *Riccioli* — anzustellen. Die grosse Schwierigkeiten, die sich ihm bey diesen Versuchen entgegenstellten, überwand er durch Scharfsinn und Beharrlichkeit, und er ruhte nicht eher, bis er seinen Versuchen die Genauigkeit gegeben hatte, welche nöthig war, um die grosse Frage über die Bewegung der Erde zu entscheiden. — Die Mittel, die er anwandte, seinen Versuchen diese grosse Genauigkeit zu geben, werde ich unter alle anführen. — Sie sind für mich sehr lehrreich gewesen und werden es gewiss für jeden seyn, der diese Versuche anstellt. — Es macht *Guglielmini* Ehre, sich wieder an Versuche gewagt zu haben, die man seit 112 Jahren aufgegeben hatte, weil man sie für zu delicat hielt; — aber noch mehr Ehre macht es ihm, dass er sich durch das viele Misslingen seiner ersten Versuche, nicht bewegen liess, die Sache liegen zu lassen, und um so mehr, da es damals noch gar nicht ausgemacht war, dass es überall möglich sey, diese so sehr feine Versuche glücklich

auszuführen. *Guglielmini* hat dasselbe Verdienst, welches *Tialf*, der Erfinder der Schlittschuhe — hat; der sich auch durch häufiges Fallen nicht abschrecken liefs eine Erfindung weiter zu kultiviren, deren Möglichkeit ihm noch keine Erfahrung versicherte.

Diese Versuche und die Art, wie er sie angestellt und wie er die beste Methode sie anzustellen gefunden habe, machte *Guglielmini* 1792 in einer kleinen, äusserst intressanten Schrift bekannt, welche folgenden Titel hat:

Jo. Baptistæ Guglielmini de diurno terræ motu, experimentis physico-mathematicis confirmato, opusculum. Bononiæ 1792. *Ex typographia S. Thomæ Aquinatis. Superiorum permissu.* 90 S. in 8vo mit einer Kupfertafel.

Diese Schrift ist in Deutschland wenig bekannt geworden, woran wohl am meisten die schlechte Organisation des Italiänischen Buchhandels, und der geringe Zusammenhang, den er mit dem Deutschen hat, schuld ist. So viel ich weifs, besitzt nur die Göttinger Bibliothek ein Exemplar davon, und ein anderes die Seeberger Sternwarte. — Auch sind mir keine öffentliche Anzeigen davon bekannt geworden, — ausgenommen eine in der Allgem. Literatur-Zeitung *),

*) Die in der Allg. Literatur-Zeitung war sehr dürftig. Sie steht Nro. 299. 12. Sept. 1794. Folgendes ist die ganze Rezension. *Physik. Bologna. Guglielmini de diurno terræ motu etc.* Dafs ein senkrecht in die Höhe geworfener oder fallender Körper wegen der Bewegung der Erde um ihre Axe von seiner senkrechten Richtung abweichen müsse, hatte man durch Versuche mit Schiefs-

und eine zweyte in *Voigts* Magazin *B.* 1. S. 42. Dieses ist eine Ueberletzung der Anzeige von *La Lande*

gewehr zu beweisen gesucht. Allein diese Versuche scheinen dem Verfasser nicht sicher und beweisend genug, sondern er stellte dergleichen mit fallenden Körpern an. Ihr Resultat hatte er in einer Rom 1789, herausgegebenen Schrift öffentlich bekannt gemacht. (Dieses ist nicht so. Die Schrift in Rom betraf nur theoretische Untersuchungen. — Die Versuche stellte er erst an, als er von Rom nach Bologna zurückkam, und diese gab er zuerst 1792 heraus.) Die Versuche wurden zu Bologna von dem Thurme *degli asinelli* zuerst angestellt, und da ihr Erfolg gar zu sehr der Erwartung widersprach, auf der Sternwarte wiederholt. Die Höhe, von welcher die 1 Zoll im Durchmesser haltenden Kugeln herabfielen, betrug 90 Fuss. Die mittlere östliche Abweichung von ihrer Richtung betrug 8,375 Linien, die mittlere mittägige hingegen nur 5,272 Linien. (Dieses ist unrichtig. Die Fallhöhe war nicht 90, sondern 241 par. Fuss. Bey der Fallhöhe von 90 Fuss in der Sternwarte betrug die Abweichung an 2 Linien.) Dieses Resultat stimmt mit des Verfassers Theorie auf eine auffallende Art überein. Dennoch fand er manche Widersacher, z. B. an *Jos. Calandrelli*, *Theod. Bonati* u. a. deren Einwürfe er hier zu beantworten, und seine Theorie zu bestätigen bemüht ist. Auf der beygefügten Kupfertafel ist auch die Maschine abgebildet, deren G. sich bediente, um die Faden der aufgehangenen Kugeln abzubrennen, ohne die Kugel im geringsten zu bewegen. (Die beygefügte Kupfertafel enthält keine Abbildung, die sich auf das Abbrennen der Kugel bezieht, — aber wohl die Zange, mit der *Guglielmini* die Kugeln losliess. — Dieses hätte Rezensent doch sehr leicht sehen können. Dass er übrigens das Buch nicht gelesen, sondern durchblättert hat, das sieht man aus der ganzen Anzeige. Aber eine Schrift, die in Deutschland nicht zu haben ist, und die zugleich von dieser Wichtigkeit war, hätte wohl eine etwas umständlichere und eine etwas richtigere Rezension verdient.)

im Magazin *encyclopedique*. Ein etwas vollſtändiger Auszug iſt daher hier wohl an der rechten Stelle.

„Der Gegenſtand, den *Guglielmini* hier behandelt, war längſt theoretiſch bekannt, aber die Verſuche, die Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, waren immer miſslungen. Unterſuchungen, welche G. über dieſen Gegenſtand 1789 zu Rom bekannt machte, veranlaſsten den Entſchluſs in ihm, auch die hierin gehörigen Verſuche anzuſtellen. Als er im folgenden Jahr Rom verlieſs, und nach Bologna zurückkehrte, ſo beſchloſs er ſeine Zeit vorzüglich dieſen Unterſuchungen zu widmen.

Der Thurm *degli Aſinelli* iſt zu dieſen Verſuchen ſehr geſchickt. Er iſt über 300 pariſer Fuſs hoch, — er iſt mehrere Jahrhunderte alt, und liegt in der Stadt. Eine Wendeltreppe in der Mitte des Thurms führt 28 Fuſs hoch, von da laufen die Treppen rund an den Wänden herum. Oben ſchlieſst ihn ein Gewölbe, auf dem ein Thürmchen von 35 Fuſs Höhe iſt, in welchem ſich eine Glocke zu bürgerlichem Gebrauch befindet. Ein anderes Gewölbe in einer Höhe von 100 Fuſs, und mehrere Böden unterbrechen dieſe ſchwindelnde Höhe. Durchbohrte man dies Gewölbe und nahm die Bretter weg, ſo erhielt man einen freyen Fall von 240 par. Fuſs. Der Thurm war alſo zu den Verſuchen ſehr bequem — nur konnte man bey windigem Wetter keine Verſuche machen wegen der vielen kleinen Löcher, die noch vom Bau deſſelben herrühren, und die den Wind nach allen Richtungen durchlaſſen.

Durch diese Schwierigkeit liefs sich G. nicht abschrecken, sondern ging zu den Vorstehern und bat um die Erlaubnifs, sich des Thurms zu seinen Versuchen bedienen zu dürfen; — diese, — freundschaftlich gegen alle Bearbeiter der Wissenschaften gesinnt, — ertheilten nicht allein diese, sondern auch zugleich die Befugnifs, den Thurm zweckmäfsig zu seinen Versuchen einrichten zu dürfen. *) Darauf ersuchte *G.* die Vorsteher der Studien (*excelsos studiorum Praefectos*) dafs sie die Kosten zu diesen Versuchen hergeben möchten. Diese — eingedenk des alten Rufs der hohen Schule — bewilligten sie. — *G.*, der nun die Erlaubnifs und das Geld zu den Versuchen hatte, — fing gleich mit den Vorarbeiten an.

Da die Kugeln unten durch nicht grofse Oeffnungen durch mufsten, so ward zuerst durch Lothe der Punkt bestimmt, wo man sie aufhangen mufste. Etwa 6 Fufs unter dem obern Gewölbe, machte *Guglielmini* einen neuen Boden, in dessen Mitte das Loth durch ein gebohrtes Loch hinabging. Zwischen die Kranzsteine, auf denen das Gewölbe ruht, legten sie einen Balken, und auf diesen eine hervorstehende Kupferplatte. Darauf mauerten sie, um die Platte fest zu machen, vom Balken bis unter das Gewölbe. — In der Kupferplatte war eine Spalte, durch welche der Faden gehen sollte, an dem die Kugeln hingen, über der Spalte war ein Haken zum Aufhängen.

*) *Qui pro summo, quo bonarum artium cultores prosequuntur amore, turrem mihi meo etiam commodo muniri ultro cederunt.*

Gut gedrehte und polirte Bleykugeln von 1 Zoll Durchmeſſer waren zu dieſen Verſuchen beſtimmt: man ſchlug in ſie ein oberflächiges Loch und erweiterte dieſes innerhalb dicht unter der Oberfläche, um den Knoten eines Fadens hinein zu bringen. Nachher drückte man es zu, und ſtellte die Verletzung der Kugel ſo her, daſs von dem Loche keine Spur blieb, und der Faden gerade aus dem Mittelpunkt zu kommen ſchien. — Der Faden der Kugel wurde durch die Spalte der kupfernen Platte gezogen, und an den Haken befeſtigt. Die Kugel hing dann zwey Linien unter der Platte. Sobald ſie völlig ſtill hing, wurde der Faden oben der Platte abgebrannt. — Die Platte diente zur Verkürzung der Schwingungen, — ſie beſtimmte die Lage der Kugel, und hielt den beym Abbrennen etwa entſtehenden Luftzug ab. —

Die Kugeln ſollten unten auf eine Wachsplatte aufſchlagen, und *Guglielmini* hoffte, daſs ſie dort ziemlich genau an einerley Stelle eintreffen würden. Allein keine von den zwey Kugeln, mit denen er es verſuchte, gelangte durch die Oeffnung im untern Gewölbe, wiewohl dieſe 1 Quadratfuſs groſs war, und die Senkrechte des Aufhängepunkts durch die Mitte derſelben ging. Mehrere Verſuche an drey verſchiedenen Tagen miſsglückten eben ſo; doch raubte dieſes dem Beobachter den Muth nicht, weil er vorausſah, daſs die Urſache davon weder in unüberwindlichen Hinderniſſen liegen, noch auch ſo klein ſeyn könnte, daſs ſie der anhaltenden Aufmerkſamkeit des Beobachters entgehen könnten. — Indeſs glaubte *G.*, daſs er die Urſachen dieſer Abweichungen leichter

auffinden würde, wenn er zu Hause die Verſuche unterſuchte.

Bey genauerer Unterſuchung entdeckte er auch bald eine der Urſachen dieſer groſsen Abweichungen. Wenn die Kugeln ſo ſtill hingen, daſs das bloſse Auge keine Schwingungen mehr bemerkte, ſo ſah man noch welche durchs Vergröſserungsglas, und ſelbſt völlig ruhige Kugeln fingen wieder an zu ſchwingen, wenn man die Fäden durch Säuren zerſtöhrte. Das Letztere veranlaſste die Beſorgniſs, daſs auch bey dem ſchnellern Abbrennen etwas ähnliches ſtatt finden möchte. — Uebrigens fand er, daſs nach 25 Minuten die Kugeln völlig in Ruhe waren.

Um die Schwingungen beym Abbrennen zu vermeiden, lieſs *Guglielmini* einen kupfernen Cylinder machen, deſſen Durchmeſſer ungefähr 1 Zoll war. In dieſen lieſs er eine $\frac{1}{4}$ Zoll tiefe Rille der Länge nach ſchneiden, und ſo horizontal befeſtigen, daſs die Rille oben war. In dieſe wurde der Faden gelegt, an deſſen beyden Enden eine Kugel hing. Wenn nun die Kugeln im Mikroſkop keine Schwingungen machten, ſo brannte er den Faden über dem Cylinder ab. — Lothe, die man nach den Verſuchen auf dieſelbe Weiſe vom Cylinder herablieſs, konnten dann zur genauen Beſtimmung der Vertikale dienen.

Dieſe Verſuche wurden zuerſt auf der Sternwarte angeſtellt, wo eine Wendeltreppe iſt, welche in der Mitte eine ſenkrechte Oeffnung von 90 Fuſs Höhe hat, und wo nie die Ruhe der Luft durch den äuſſern Wind geſtöhrt wird.

Am 12., 13 und 14. Sept. 1790 wurden mit Beyhülfe von *Aloyſius Zanotti* — eines Jünglings, der in die Fuſsſtapfen ſeiner Voreltern tritt — ſechs Verſuche angeſtellt, und zwar mit ſo viel Sorgfalt, daſs ſie an jedem Tage nur zwey Kugeln fallen lieſsen, und hierzu jedesmahl zwey Stunden verwandten. — Den erſten Tag war *Mateucci* — ein Mann von groſsem Anſehen, und ausgebreiteten aſtronomiſchen Kenntniſſen — bey dem Verſuche gegenwärtig, als die zweyte Kugel fiel. — Dieſer kann bezeugen, daſs ſie genau in dieſelbe Grube fiel, welche die vorige geſchlagen hatte. — Den folgenden Tag waren keine der beyden Gruben mit der geſtrigen concentriſch, — die eine fiel nämlich etwas nördlich, die andere etwas ſüdlich, — aber die Abweichung von der geſtrigen betrug noch keine halbe Linie. — Den dritten Tag fiel die erſte Kugel in die Grube, welche die beyden am erſten Tage gemacht hatten, die zweyte fiel ein wenig nach Süden. Dann wurde in Gegenwart von *Mateucci* und *Sacchetti* ein Loth heruntergelaſſen, wo man ſah, daſs der Mittelpunkt der Gruben, welche die Kugeln gemacht hatten, ungefähr 2 Linien von der Senkrechte nach Morgen abwich.

Dennoch merkte man, daſs die Kugeln während des Falls rotirten, weil der Faden zum Aufhängen faſt nie oben war, wenn die Kugeln in's Wachs ſchlugen. Dieſes ſchien von der excentriſchen Lage des Schwerpunkts herzurühren, und es war möglich, daſs von dieſem Rotiren die Excentricität der Gruben herrührte, welche verſchiedene Kugeln machten. Um hierüber gewiſs zu werden, lieſs G. zwey Kugeln ver-

fertigen, die von auſſen einander vollkommen gleich waren, wo aber in der einen der Schwerpunkt abſichtlich weit vom Mittelpunkt der Kugel lag. Mit dieſen beyden Kugeln ſtellte *Guglielmini* nun am 10. Octbr., von des Morgens 7 Uhr bis 2 Uhr Nachmittags, 8 Verſuche an, bey denen er den Schwerpunkt nach verſchiedenen Weltgegenden drehte. Er hatte um den Faden zum Abbrennen immer wieder auf's neue befeſtigen zu können, von einem andern Faden ein ſo kleines Auge (*annulus*) an die Kugel befeſtigt, daſs man kaum mit einer Nadel durchſtechen konnte. Der Erfolg war: daſs beyder Kugeln Mittelpunkte ſich zuweilen um 3 Linien von der Vertikale entfernten, — aber die Abweichung der einen war nicht gröſser, als der andern, und ſie folgten ohne Ordnung aufeinander. — Und obſchon *G.* erkannte, daſs die Kugeln im Fallen eine Stöhrung erlitten — ſo glaubte er doch, daſs man weder die ganze Schuld auf die Excentricität des Schwerpunkts, noch auf die Fehler der Maſchinerie ſetzen dürfte.

Was den fernern Bedenklichkeiten *G.s* ein Ziel ſetzte, war die Betrachtung, daſs er auf dem Thurme Aſinelli eine Abweichung nach Oſten hätte, gegen die die Stöhrungen, die aus der Excentrizität der Maſſe herrührten, unbedeutend wären, und er ging wieder mit neuem Muthe zum Thurme. (*Turrem itaque alacris iterum adivi: ſed quæ præter opinionem meam obvenerint, fideliter proſequamur.*)

Wegen des Fahrens der Wagen zitterte der Thurm, und deſswegen beſchloſs *G.* die Verſuche des Nachts anzuſtellen. Wegen der Vorſicht, mit der die

gel liefsen fie noch zwey andere fallen, welche fo weit aus einander fielen, dafs die Gruben fich nicht einmal berührten. Und doch war das Wetter fehr ftille.

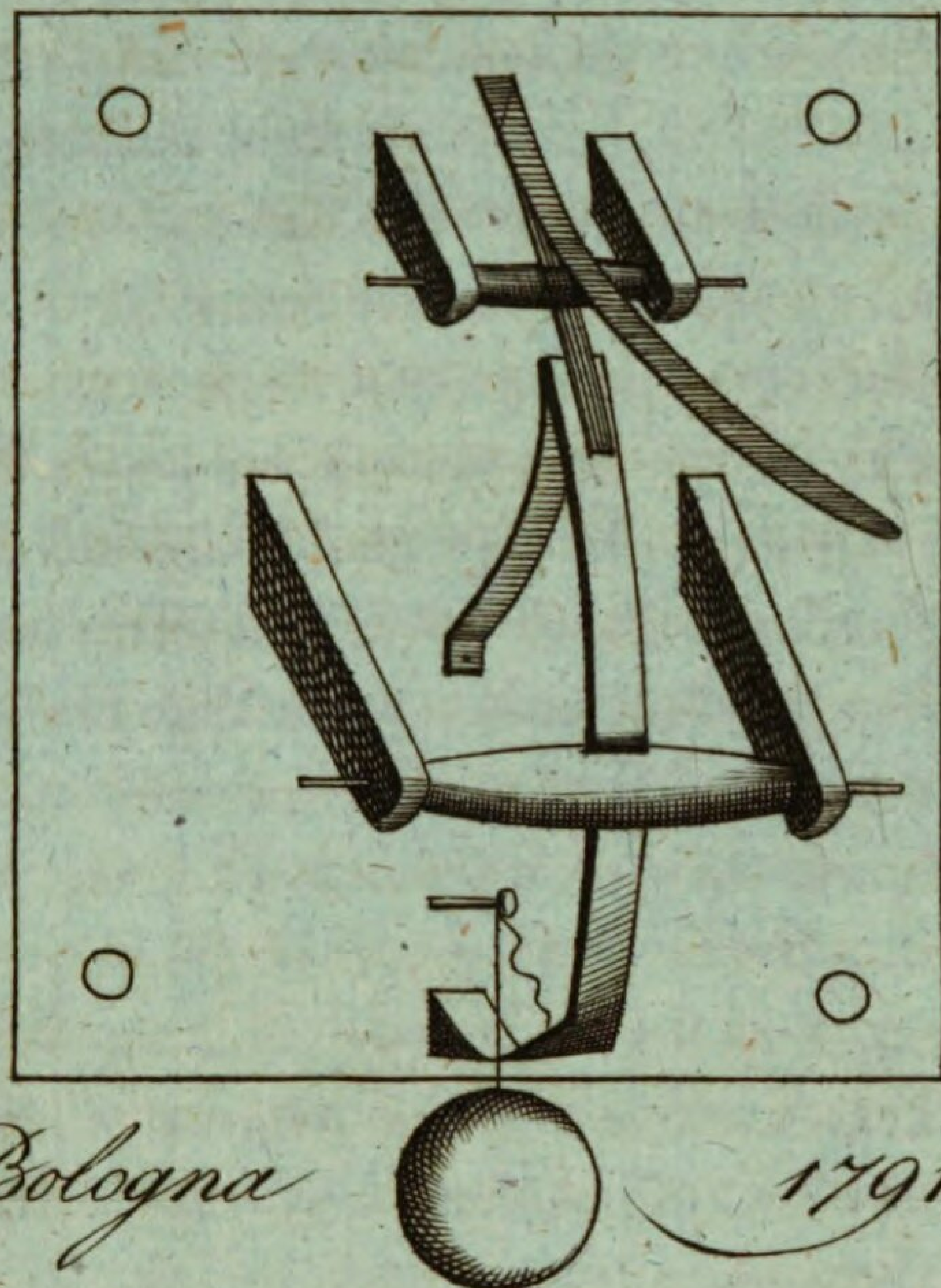
Was war nun die Urfache diefer Abweichungen? Kam fie vom Abbrennen her, warum waren die Verfuche auf der Sternwarte, wo auch der Faden abgebrannt war, fo gut ausgefallen? — Lag der Unterfchied an den Cylindern? Diefer war einer, wie der andere, — nur der eine etwas gröfser, und das Abbrennen des Fadens in ihm vielleicht etwas gefchwinder, — aber diefes war zu unbedeutend, als dafs man daraus die Abweichungen hätte erklären können. Es fchien etwas da zu feyn, welches die Kugeln zu Zeiten zittern machte; — die angeftellten Verfuche erregten diefen Verdacht; — und defswegen waren auch felbft die, welche bis jetzt gelungen waren, für nichts zu achten.

Guglielmini hätte nun die Sache beynahe liegen laſsen — aber Briefe von *Taurini* und andern berühmten Römern forderten ihn auf, die Sache mit allem Fleifs und mit allen Kräften fortzufetzen. — Durch diefe Aufforderungen erhielt *G.* den verlohrnen Muth wieder, und er fing nun an, auf eine neue Methode zu denken, wie man die Kugeln könnte fallen lafsen.

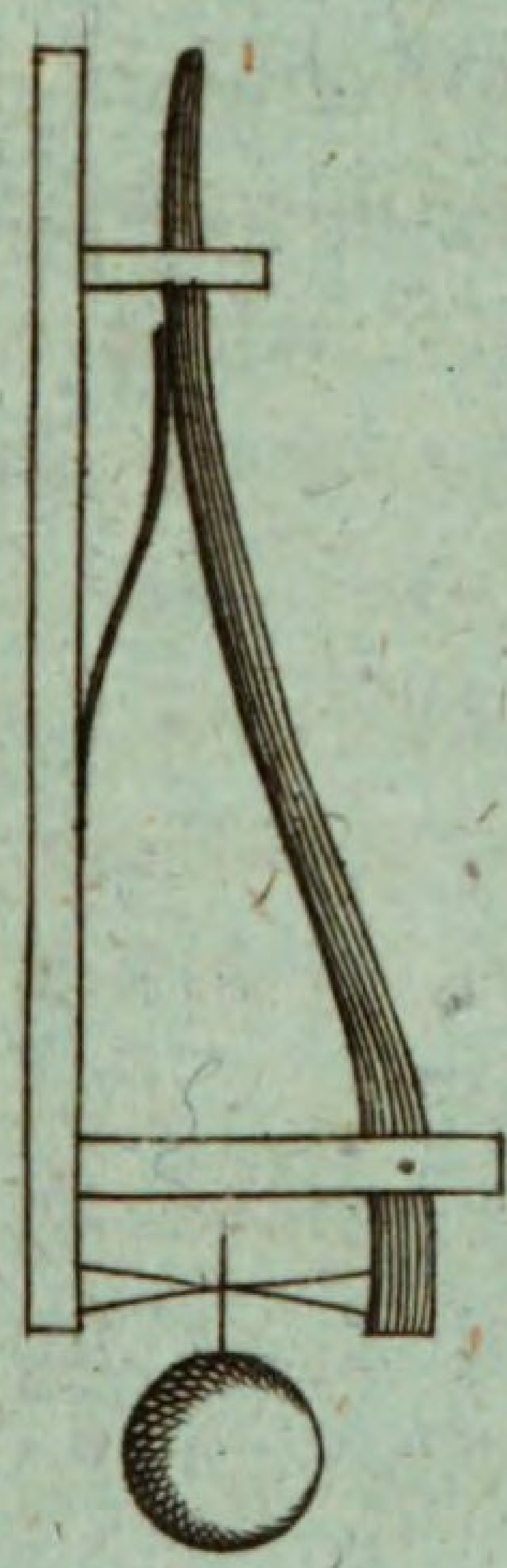
Guglielmini fchliefst nun mit einigen Bemerkungen über die Verfuche von *Calandrelli* diefe Vorrede, welche voll von Beweifen feiner Beharrlichkeit und feines Fleifses ift.

Sein Buch hat drey Abfchnitte. Der erfte und zweyte enthalten theoretifche Unterfuchungen des Pro-

zu Seite 280 Taf. V



Bologna 1791.



Hamburg 1802

blems: über die Abweichung fallender Körper; ferner eine Vertheidigung einiger Sätze, die er im Jahr 1789 hierüber bekannt gemacht hatte, und eine Widerlegung von *Theodori Bonati.*

In der dritten erzählt er nun die Reihe der Versuche, die er über die Rotation der Erde im Junius, Julius, August und September von 1791 im Thurme *Asinelli* glücklich zu Stande brachte. — Zuerst beschreibt er die Maschine, welche er beym Fall der Kugeln gebrauchte. Sie ist auf der nebenstehenden Kupfertafel abgebildet. — Man erkennt ohne umständliche Beschreibung leicht ihre Einrichtung. Die Zange hält den Faden der an den kleinen Stift aufgehangenen Kugel fest, weil die Feder die Zange zudrückt. Sobald die Zange den Faden gefaſst hat, wird dieser dicht oben dem Schneider abgeschnitten, — und sobald die Kugel im Mikroskop keine Schwingungen mehr zeigt, wird die Zange durch einen Druck geöffnet, wo jene dann frey hinunter fällt.

Diese Maschine wurde von dem Mechaniker *Comelli*, mit aller der Sorgfalt gearbeitet, welche die Feinheit der Versuche erforderte. *)

Ehe die Versuche unternommen wurden, bestimmte *G.* mit einem Loth die Stelle, wo die Kugeln ungefähr aufschlagen würden. Die Wachsplatte wurde mit einer rektangulären Einfassung umgeben, und darauf so auf den Boden befestigt, daſs die Seiten

*) Ich habe mich bey meinen Versuchen einer ähnlichen, nur etwas einfachern Maschine bedient, — deren Profil ich, da noch gerade Platz auf der Kupfertafel war, unter G. s seiner habe stehen lassen.

dem Meridian paralell und auf ihm ſenkrecht waren. — Von dieſen Seiten wurde der ſenkrechte Abſtand der Grube gemeſſen, welche die Kugel in's Wachs ſchlug, und am Ende der Verſuche wurde ein Gefäſs mit Waſſer, welches auch eine rektanguläre Einfaſſung hatte, genau auf dieſelbe Stelle geſetzt. In dieſem Gefäſse hing das Loth vom Aufhängepunkt, und ſie maſsen nun den Abſtand des Loths von der Einfaſſung, wodurch ſie die Lage von dem Punkte, wo das Loth hing, und die von dem, wo die Kugeln aufſchlugen, gegeneinander beſtimmten.]

Folgendes ſind nun die Verſuche, ſo wie ſie *Guglielmini* angibt:

Bologna 1791		Abſtand vom Meridian. Zoll Linien	Abſtand vom Parallel. Zoll Linien
3. Jun. von 1 bis 3 Uhr Morgens.	1) ruhige ſtille Luft	6, 11,25	3, 6,83
	2) beinahruhig	7, 6,50	3, 10,67
4. Jun. von 1 bis 3 Uhr Morgens.	1) ruhige Luft	7, 3,00	3, 10,67
	2) ſchw. Wind.	7, 0,00	3, 11,17
20. Jul. von 1 bis 3 Uhr Morgens.	1) ruhige Luft	7, 2,00	4, 0,33
	2) ruhige Luft.	7, 2,25	4, 0,00
3. Aug. von 1 bis 2½ Uhr Morgens.	1) ruhige L.	7, 0,00	3, 11,50
	2) ruhige L.	7, 3,00	4, 0,00
6. Aug. von 1 bis 3½ Uhr Morgens.	1) ruhige L.	7, 2,00	3, 10,67
	2) ruhige L.	7, 1,25	4, 4,17
14. Aug. von 1 bis 4 Uhr Morgens.	1) beinahe ruhige L.	6, 11,25	3, 10,67
	2) windig.	8, 5,00	4, 4,17
3. Sept. von 1 bis 5 Uhr Morgens.	1) ruhige L.	7, 2,00	4, 0,00
	2) ruhige L.	7, 1,25	4, 0,00
	3) ruhige L.	7, 0,00	3, 11,17
	4) ruhige L.	6, 11,25	4, 1,00
	Summe	115, 2,00	63, 5,68
	Mittel	7, 2,375	3, 11,605

An dieſen 16 Verſuchen, bey denen die Kugeln ziemlich genau auf eine Stelle gefallen waren, (wenn man den zweiten vom 14. Aug. ausnimmt;) glaubte *G.* ſich begnügen zu können, vorzüglich da der herannahende Herbſt eben kein ſtilles Wetter mehr hoffen liefs.

Um nun die letzte Hand an die Verſuche zu legen, lieſs *G.* das Loth hinunter. Dieſes beſtand aus einem dünnen Metalldrath, an deſſen Ende eine marmorne Kugel von $2\frac{1}{3}$ Zoll Durchmeſſer hing. Auf die Wachstafel wurde nun das hölzerne Gefäſs mit Waſſer geſetzt, in dem die Kugel frey ſchwingen konnte. Ueber den obern Rand dieſes Gefäſses wurden zwey diagonale Seidenfäden geſpannt, um darnach die Lage des Loths zu beſtimmen. Es wurde hiebey dieſelbe Methode angewandt, welche die Aſtronomen gebrauchen, um die Mittagslinien zu beſtimmen. (*Euſtachius Manfredi. De Gnomone divi Petronii.*) Um aber dieſes Pendel zum Stillſtand zu bringen, ward eine ſo groſse Windſtille erfordert, daſs erſt das folgende Jahr am 12. Febr. (1792), wo die Luft von des Morgens 2 bis 5 Uhr völlig ſtill war, die Vertikale konnte beſtimmt werden. Man zog jetzt die zwey Seidenfäden über den Cubus mit Waſſer, und lieſs in jedem der 4 Scheitelwinkel das Loth $\frac{1}{2}$ Stunde zur Ruhe kommen. Eben dieſes ward in der folgenden Nacht wiederhohlt, da die Ruhe ſo vollkommen war, daſs ſelbſt in den höchſten Thurmfenſtern die Lichtflamme ruhig brannte. Die Grundfläche des Cubus wurde nun auf die Wachstafel aufgeriſſen, die Diagonalen des Quadrats gezogen, und ſo die Lage des Loths gegen die vorhingezogenen Meridiane und Paralelle beſtimmt.

Der Abſtand des Loths vom Meridian war 6 Z. 6,0 L.
— — — — vom Paralell = 3 Z. 6,33 L.

Folglich mittlerer Abſtand des Punkts, wo die Kugeln aufſchlugen, von der Vertikale = 8, 375 Linien öſtlich, und 5, 272 Linien ſüdlich.

Um nun die Rechnung mit den Verſuchen zu vergleichen, ſo fehlte weiter nichts, als daſs die *Zeit*, welche die Kugeln zu ihrem Fall gebrauchen, ſehr genau beſtimmt wurde. Dieſe Fallzeit hatte *G.* das vorige Jahr (1791) durch *Tagliavini* beſtimmen laſsen, als er ſelbſt auf dem Lande war. Dieſe Fallzeit fand *Tagliavini* ſehr nahe, $4\frac{1}{5}$ Sek. Als *G.* zurückkam, ſo ſtellte er dieſelben Verſuche an, und er fand daſſelbe. — Die Art, wie ſie die Zeit beſtimmten, war folgende: Oben im Thurm war ein Sekundenpendel, und unten war eine kleine Maſchine angebracht, die ein Licht auslöſchte, ſobald die Kugel aufſchlug. — *Guglielmini* hatte ſich nun durch Uebung die Fertigkeit verſchafft, durch Klopfen mit der Hand, die Sekunde in 4, 5 oder 6 Theile einzutheilen. — Er lieſs nun mit der einen Hand die Kugel los, und zählte mit der andern ſo lange fort, bis er ſah, daſs das Licht auslöſchte. — (Wie viel dieſe Beobachtungen unter ſich abgewichen ſind, das gibt *G.* nicht an; er ſagt nur: daſs ſie oft angeſtellt ſind.) — Die Fallzeit iſt etwas gröſser wie *Riccioli* (*Almageſt. Lib* IX. *Sect.* IV. *Cap.* 16.) und etwas kleiner, wie *Deſaguliers* (*Cours de Phyſ. exp. Vol. I. pag.* 368) ſie angibt.

Berechnete man hiernach die öſtliche Abweichung, ſo gab die Rechnung — — — 7, 581 Lin.
Die Verſuche (ohne den fehlerhaften 12ten) 7, 400 —

Unterſchied 0, 181 Lin.

Für die Abweichung nach Süden	—	6, 163	Linien.
Die Erfahrung (mit der fehlerhaften 12ten)		5, 272	—
Unterschied		0, 891	—

Für die diagonale Abweichung des Punkts, wo die Kugeln aufschlugen, vom Loth gibt

die Rechnung	— — — —	9,930	Linien.
Die Versuche	— — — —	9,896	—
Unterschied		0, 034	

Man sieht also, dass die Erfahrung sehr gut mit der Theorie übereinstimmt. (*calculi et experimenta mirifice conveniunt.*) *Guglielmini* hatte nun noch vor, diese Versuche mit Kugeln anzustellen, bey denen er die Lage des Schwerpunkts auf Quecksilber untersucht hatte, um ihr Rotiren in der Luft zu vermeiden. — Er überzog sie nämlich mit einem sehr dünnen Firniss, und liess sie dann auf Quecksilber schwimmen. — Aber da die Witterung es eine lange Zeit verhinderte, diese Versuche anzustellen, so wollte er nicht länger mit der Herausgabe seiner Schrift zögern. — Und obschon diese Versuche über die Axendrehung von den berühmtesten Männern vergebens angestellt sind, so erfordern sie doch weiter nichts als Geduld und Beharrlichkeit.

Guglielmini liess die Anstalten zu diesen Versuchen im Thurm, — und hielt zugleich Kugeln vorräthig, um Freunden, die etwa diese Versuche anstellen wollten, dienen zu können. (*Manent vero in turre omnia ad experimentum necessaria, atque occasione*

oblata, nec non ut amicis morem geramus, paratos globos periculo libenter dabimus.)

Die Verſuche von *Guglielmini* wurden von den Naturforſchern mit groſser Theilnahme aufgenommen. Denn obſchon jetzt keiner mehr an der Umdrehung der Erde zweifelte, ſo war es doch angenehm, einen Beweis für die Axendrehung zu haben, welcher der faſslichſte von allen war. — Man ſah auf dieſe Weiſe gleichſam die Erde ſich drehen; wenigſtens ſah man eine unmittelbare und ſehr in die Augen fallende Wirkung dieſer Drehung. — Dieſer Beweis war ſo evident, daſs er ſicher *Tycho* und *Riccioli* zu Copernikanern gemacht hätte, wenn man ihn vor 100 Jahren mit aller Eleganz angeſtellt hätte, deren er fähig iſt. —

Was dieſe Theilnahme noch vermehrte, war: daſs man ſeit 112 Jahren ſich vergeblich bemüht hatte, dieſe Verſuche zu machen, — und daſs nun *Guglielmini* dieſe Verſuche nicht etwa oberflächig gemacht hatte, wie Dr. *Hook*, ſondern mit aller Genauigkeit, welche dieſe ſehr feine Verſuche erforderten. — Und wenn auch dieſe Verſuche nicht ſo wichtig geweſen wären, wie ſie wirklich waren, ſo würden ſchon die Art, wie *Guglielmini* ſie anſtellte, — ſeine Geſchicklichkeit und noch mehr ſeine unermüdete Beharrlichkeit bey allen Fehlſchlagungen — eine gewiſse

Theilnahme, wo nicht für die Verſuche, doch für den erregt haben, der ſie anſtellte. *) —

Und doch hatte *Guglielmini* bey aller Sorgfalt, die er auf dieſe Verſuche gewandt hatte, und bey aller Uebereinſtimmung zwiſchen Rechnung und Theorie, — einen kleinen Umſtand überſehen, wodurch dieſe Verſuche völlig umgeworfen wurden, und womit einmal alle darauf verwandte Zeit, Mühe und Geduld verlohren ging.

Der kleine Umſtand war eine kleine Krümmung des Thurms; die Verſuche wurden nämlich im Sommer angeſtellt, und die Senkrechte, auf deren genaue Beſtimmung alles ankam, wurde erſt im folgenden Winter — 6 Monathe nach den Verſuchen — beſtimmt. — So hohe Gebäude haben beſtändig kleine Ziehungen, die bey ſehr verſchiedenen Temperaturen ſehr merklich werden. Sobald ſich der Thurm etwas zog, ſo wurde oben der Aufhängepunkt der Kugel verrückt, und *Guglielmini* hatte, als er das Loth aufhing, eine ganz andere Vertikale als die war, bey der die Verſuche waren angeſtellt worden. — Hätte er jedesmal gleich nach den Verſuchen das Loth aufgehangen, ſo wäre dieſer Irrthum nicht möglich geweſen, denn für ſehr kurze Zeiten kann man immer

*) *Lichtenberg* erzählte uns dieſe Verſuche in den Vorleſungen der Aſtronomie im Winter von 97 in 98, wo ich ſie zuerſt kennen lernte. Er hatte damals noch weiter keine Nachrichten über ſie, als die, welche ihm Herr von *Zach* von *La Lande* mitgetheilt hatte. —

einen Thurm als unbeweglich annehmen. Aber anzunehmen, daſs der Stand des Thurms im Winter derſelbe iſt, als im Sommer, das war ſehr gewagt. — *G.* hatte die Abſicht nicht, ſo lange zu warten, — er konnte nur früher das Loth nicht zum Stillſtehen bringen, und er überſah den Umſtand, daſs es beſſer ſey, bey Schwingungen von einer Linie das Mittel zu ſchätzen, als es nach Monaten beym völligen Stillſtehen völlig genau zu beſtimmen. —

Als *La Lande* dieſe Verſuche im *Magaz. encyclopædique* anzeigte, da ſagte er unter anderen: „daſs *La Place* aus der Theorie nur 5 Linien Ab-„weichung nach Oſten finde, und nicht, wie *Gugliel-„minis* Verſuche 7,4 Linien.»

Dieſer Unterſchied von 2½ Linie zwiſchen der Theorie und der Erfahrung, wo auf der einen Seite der Name *La Place*, und auf der andern *Guglielminis* äuſſerſt genaue Verſuche ſtanden, — war ſehr befremdend. Denn bey *G.s* Verſuchen war die Fehlergränze in Rückſicht der Anzahl der Verſuche ſo enge, daſs das Mittel aus allen keine halbe Linie unwiſs ſeyn konnte, und es war alſo nicht möglich, daſs Theorie und Erfahrung 2½ Linie von einander abwichen, wenn nicht in einer von beyden noch ein unbekannter Fehler verborgen war.

Wie enge die Fehlergränze bey *Guglielminis* Verſuchen war, das ſieht man erſt recht ein, wenn man den Abſtand jeder einzelnen Kugel, nicht vom Ran-

de der Wachstafel, sondern unmittelbar von der Vertikale angibt. —

	Osten	Süden
1	5,25 Lin.	0,50 Lin.
2	12,50	4,34
3	9,00	4,34
4	6,00	4,84
5	8,00	6,00
6	8,25	5,67
7	6,00	5,17
8	9,00	5,67
9	8,00	5,17
10	7,25	5,67
11	5,25	4,34
12	23,00	9,84
13	8,00	5,67
14	7,25	5,67
15	6,00	4,84
16	5,25	6,67
Mitt. o. Nro. 12	7,4 Lin.	5,02 Lin.

Daſs man 12 wegläſst, iſt billig, weil dieſe groſse Abweichung offenbar von dem Winde herrührte, der durch die Oeffnungen des Thurms wehte. — Ohne 12 iſt die gröſste Abweichung vom Mittel 5 Linien. Dividirt man dieſe durch die Anzahl der Beobachtungen (15) ſo erhält man, nach *Lambert*, die wahrſcheinliche Ungewiſsheit des Mittels, nämlich $\frac{1}{3}$ Linie. Die erſte Nachricht, die man in Deutſchland wieder von dieſen Verſuchen erhielt, war im Jahr 1799, wo *La Lande* hierüber folgendes an Herrn Obriſtwachtmeiſter *von Zach* ſchrieb, „*Guglielmini*, der in *Bo*„*logna* ſo ſchöne Verſuche über den Fall der Kör„per angeſtellt hat, ſchreibt mir: daſs er es nun ein„geſtehe, daſs *La Place* Recht habe, und daſs die

„Theorie keine Abweichung gegen Mittag gebe; die„jenige, die er nach Osten gefunden hat, stimmt sehr „gut mit der Theorie, allein sie ist nun kein Beweis „mehr von der Bewegung der Erde, weil die ande„re Abweichung nach Süden gar nicht stimmt.» (*A. G. E. III. Band.*)

Diese Nachricht war indess sehr unvollständig, weil kein Grund angegeben wurde, worin die Ursache lag, warum *G.*, dessen Versuche auf wenigstens ½ Linie genau waren, eine Abweichung von 5 Linien nach Süden fand; und weil ferner der Unterschied von 2½ Linie nicht erörtert wurde, der zwischen *Guglielmini* und *La Place* in der Theorie der Abweichung nach Osten statt fand.

Dass *Guglielminis* Rechnung eine so grosse Abweichung nach Süden gab, bedurfte weiter keine Erklärung, da dieses schon völlig aus dem Fehler erklärbar war, den *G.* bey Bestimmung der Fallzeit beging, und begehen musste. Bey dem Klopfen mit der Hand liess sich die Zeit nicht bis auf einige Tertien sicher bestimmen, — und da nun die 12 Tertien, um welche die Kugel wegen des Widerstands der Luft langsamer fiel, mit dem Quadrat in die Rechnung kamen, so machte eine Tertie mehr oder weniger einen grossen Unterschied in der Abweichung nach Süden. Und *Gugl.* hatte sich hier nicht um eine Tertie geirrt, sondern wenigstens um 8, da die Fallzeit nicht 4″,12‴ ist, sondern höchstens 4″,4‴. *)

*) Völlig genau lässt sie sich nicht angeben, da die Fallhöhe verschieden zu 240 und 241 Fuss angegeben wird.

G. würde die Fallzeit viel richtiger gefunden haben, wenn er ſie nach Huygens aus der Pendellänge von Bologna berechnet, und den Widerſtand, nach der Neutonſchen Theorie beſtimmt, dazu addirt hätte. Er hätte ſich hiebey höchſtens um 1‴ irren können. — Er hätte dann aus der Abweichung zwiſchen Theorie und Erfahrung gleich gefunden, daſs eine fremde Urſache mit im Spiel geweſen. Er würde dann ſeine Verſuche nicht früher bekannt gemacht haben, bis er dieſe ausgemittelt hätte, und es wäre vielleicht möglich geweſen, daſs die Krümmung des Thurms eine regelmäſsige Periode von Sommer und Winter hatte, (weil er ein ſo ſehr altes und feſtes Gebäude iſt) und daſs er den folgenden Sommer wieder dieſelbe Perpendikuläre gefunden hätte, welche er im vorigen bey den Verſuchen hatte.

Man muſs *Guglielmini* bedauern, daſs ihn der Zufall von allen Seiten mit Irrthümern umſtrickte, die er nicht entdecken konnte, weil ſie unter ſich ſtimmten. Und dieſe entriſſen ihm nicht allein die Früchte ſeiner Anſtrengungen, ſondern gaben ihm auch gewiſs noch ſonſt manchen unangenehmen Augenblick. — Dieſe Verſuche waren in Italien ſehr bekannt geworden; die Oberen hatten ſie mit Geld unterſtützt, und man glaubte, daſs ſie *Guglielmini* doppelte Ehre brächten, weil ſeine von ſo Vielen angefochrtene Theorie doch durch die Erfahrungen beſtätigt wurde. — Und nun fand es ſich am Ende, daſs die Theorie nicht allein falſch war, ſondern auch die Erfahrungen. Und daſs dieſes von einem ſehr kleinen Umſtande abhing, der zu überſehen ſehr verzeihlich war, das ſehen viel-

leicht die Wenigſten ein, die ſich ein Urtheil darüber erlaubten; und die es einſahen, hatten vielleicht nicht den guten Willen, es zu ſagen.

Dr. *Olbers*, der ſich ſehr lebhaft für dieſe Verſuche intereſſirte, bemühte ſich mit mir nähere Aufſchlüſſe über dieſe Verſuche und über die theoretiſchen Angaben von *La Place* aus Paris zu erhalten — da es ihm ausgemacht ſchien, daſs nach der Theorie doch eine Abweichung nach Süden ſtatt finde. — Aber unſere Bemühungen waren vergeblich.

Unterdeſs erſchien im Gothaer Taſchenbuch für 1803 in der Geſchichte der Aſtronomie von 1801 folgender Artikel:

„*Guglielmini* in *Bologna* hat drey neue Verſu-
„che über den Fall der Körper angeſtellt, um die Um-
„drehung der Erde zu beweiſen. Er hat bis auf eine
„Linie einerley Abweichung gegen Süden gefunden;
„wiewohl nicht übereinſtimmend mit der Theorie.
„Dagegen hat er die Abweichung gegen Weſten (?)
„ſo gefunden, wie ſie der Theorie nach ſeyn muſs.»

Auſſer dem Druckfehler, der in der franzöſiſchen und in der deutſchen Ausgabe ſtand, war die Nachricht ſo unbeſtimmt, — daſs ich, — da keine Ausſicht war, von Paris nähere Aufſchlüſſe zu erhalten, gerade zu an *Guglielmini* ſchrieb, — ihm die Reſultate meiner Verſuche und der *Olbersſchen* Rechnungen mittheilte, und ihn bat, mir nähere Nachricht über ſeine letzten Verſuche zu geben, und ihn zugleich erſuchte, mir die Urſache zu ſagen, warum ſeine erſten ſo ſehr guten Verſuche miſslungen wären. Mir ſchiene nämlich die Urſache in einer Krümmung des Thurms

zu liegen, die er bey verschiedenen Temperaturen habe, — da ich ähnliche Dehnungen im Michaelisthurm bemerkt hätte, wenn er an der Südseite einige Stunden von der Sonne beschienen sey.

Dieses war im November 1802. Anfangs Januar 1803 erhielt ich folgenden Brief von *Guglielmini*, der im December geschrieben war.

„Nach den Versuchen von 1792 habe ich noch „einige Versuche gemacht, die ungefähr 7 Linien Ab- „weichung nach Osten, und 3 nach Süden gaben; „ungefähr wie die Versuche in meinem Werke Seite „78 und 79, welche bey stiller Luft gemacht wurden, „und wo nur der erste völlig genau ist. *) Ich glaub- „te nichts desto weniger, dass die Abweichung nach „Süden eine Wirkung der Luft sey, die leise durch „die Löcher des Thurms weht, wenn es auch drauf- „sen ganz still ist, wie ich dieses Seite 6 u. 89. be- „merkte. **) Und Sie werden in der Vorrede le-

*) *Et ou la premiere seule est exacte.*

**) Seite 6: *quamobrem locum tentamini oportunum, atque accommodatum esse arbitratus sum; nisi quod ob ostiola pene innumera quae fabricationis vestigia sunt, ventis omnibus pervia, rebar jam tum futurum fore ut a labore meo, flante vento, desisterem.* — S. 89 finde ich nichts über diese *ostiola*. Aber ich sollte nicht glauben, dass der Wind gerade eine constante Abweichung nach Süden hervorbringen könnte, — da er, wenn die Versuche zu verschiedenen Zeiten, und bey verschiedenen Windstrichen gemacht werden, die Fehlergränze zwar erweitern, aber nicht alle an eine Seite bringen kann.

„hen, dafs die Verfuche, welche auf der Sternwarte „in einem gefchlofsenen Thurme gemacht wurden, „keine Abweichung nach Süden gegeben haben. *)

„Unterdeffen glaubte ich nicht, dafs die tägliche „conifche Bewegung der Atmosphäre gänzlich die „Vermehrung der Abweichung nach Süden abwende, „welcher durch den Widerftand der Luft veranlafst „wird, der den Fall langfamer macht. Ich berech- „nete hievon die Wirkung nicht, fondern fagte blofs „Seite 62: die tägliche conifche Bewegung der Luft „durch die unbewegliche Ebene, durch welche der „Körper fällt, und nach Norden getrieben wird, ver- „ringert die Abweichung nach Süden. (*Diurnus co-* „*nicus motus aeris transeuntis per immobile planum* „*per quod corpus labitur, atque in boream tenden-* „*tis, meridionalem ipfius corporis aberrationem* „*paululum imminuet: id autem obiter obfervaffe* „*fufficiat. pag.* 62. *Scholion I.*)

„Aber nachher zeigte ich in einer Abhandlung, „die in der Akademie von *Bologna* vorgelefen wur- „den (wie ich fchon früher für den Fall im Leeren „gethan hatte) dafs die Abweichung nach Süden, „welche vom Widerftande der Luft herrühre, welcher „den Fall retardirt, genau eben fo grofs fey als die „Abweichung nach Norden, die durch die eben an- „geführte Bewegung der Luft käme. Aber unglück- „licher Weife find die Akten der Akademie aus Man-

*) Diefer Verfuche waren wohl zu wenige, und der Widerftand der Luft bey der Fallhöhe von 90 Fufs zu geringe, um über die fehr kleine Abweichung nach Süden etwas fchliefsen zu können.

„gel an Fonds noch nicht gedruckt. Aber vielleicht „ist es gut, da ich jetzt in dem oben angeführten „Memoire die wahre Ursache von der grofsen Ab- „weichung nach Süden angeben kann, — die, wie „Sie richtig bemerken, in einer Krümmung des Thurms „*Asinelli* liegt, die er bey verschiedenen Tempera- „turen hatte. Die Versuche wurden im Sommer ge- „macht, und die Senkrechte wurde erst im Winter „bestimmt, S. 78, 79 u. 81.»

„In den Akten der Akademie von *Siena*, und im „letzten Bande der Italiänischen Gesellschaft von 1802 „werden Sie ein Memoire von *Saladini* finden, der „hier Professor der Mathematik ist. Dieser gibt für „meine Versuche, die in der Luft angestellt wurden, „die mittägliche Abweichung zu 6 Linien an. Aber „er hat entweder mein Werkchen nicht aufmerksam „gelesen, oder er hat sich geirrt.»

„Der berühmte *La Place* war der Erste, welcher „das Problem von der Abweichung nach Süden rich- „tig entwickelte, und nach ihm der Bürger *Tadini* „in dem Journal von *Brougnatelli*; doch wollte ich „nicht unterlassen, den Beweis anzuzeigen, und ich „schmeichle mir ihn vervollkommnet zu haben.»

„Wenn Sie Ihre Versuche bekannt machen, so können Sie von dem Gebrauch machen, was ich hier „gesagt habe, und ich wünschte ein Exemplar von „Ihrer Schrift zu besitzen, wenn sie nämlich nicht „deutsch ist, wovon ich beynahe nichts verstehe.»

„Mit meinen analytischen Formeln könen Sie die „Abweichung für jede Polhöhe berechnen. — S. 89 „finden Sie, dafs ich, in der Geschichte der Akademie

„der Wissenschaften von *Birch*, die Versuche gelesen habe, die man in London gemacht hat, und „ich habe einen Irrthum von *La Lande* angezeigt, „wo er in seiner Astronomie *Neuton* etwas sagen „läfst, was er nicht gesagt hat. *)

„Endlich danke ich Ihnen für die Ehre, die Sie „meinem Buche, und meinen Versuchen erweisen. — „Mein Buch wird in *Florenz* bey *Molini* verkauft. „Durch die Gebrüder *Jordis* in *Mailand* will ich „Ihnen 3 Exemplare davon, so wie auch 3 von den „beyden Italiänischen zuschicken. **) Sie sind dann

*) — — *Nonnulla addamus de experimentis per tormentum bellicum; — fuerunt enim qui ad hoc periculorum genus fidem adjunxerint, tum præstantissimi Neuton authoritate male interpretata præoccupati* (*Birch* Tom. III. pag. 512.) (*de la Lande Astron.* Tom. I. Lib. V.); *tum clarissimi d'Alembert calculis commoti* (*Hist. de l'Acad. Royal. An.* 1771); *quos ne in longum nimis abeamus, hortabimur ut ea legant quæ per istiusmodi experimentorum per celeb. Mersenne comitante sibi illustri viro Petit institutorum exitu scripta nobis reliquerunt summi viri Descartes* (*Epist.* Tom. I. Ep. 73 *et* Tom. II. Ep. 106.) *et Varignon* (*Conjectures sur la Pesanteur.*)

**) Ich hatte *G.* geschrieben, dafs *Perthes* mir schon seit einem Jahre zwey Exemplare seiner Schrift, auf zwey verschiedenen Wegen aus Italien bestellt habe, und dafs ich gar keine Hoffnung hätte, sie zu erhalten. Diese Aufmerksamkeit von *Guglielmini* war mir äusserst angenehm, — denn schon im Anfang Februars erhielt ich diese Schriften mit der hannöverischen Post. — Weil Herr *von Zach* schon ein Exemplar der Schrift *de diurno terræ motu* besafs, so überliefs er das für ihn bestimmte auf Vorstellung des Herrn Professors *Ebeling*

„so gütig, und schicken eines davon an *Olbers*, und „das zweyte an *Zach*. — Empfangen Sie die Ver„sicherung meiner Dankbarkeit.

Bologna, den 20. Dec. 1802.

Guglielmini.»

Man sieht aus diesem allen, daſs die schönen Versuche von *Guglielmini* für die Umdrehung der Erde völlig verlohren waren.

Als *La Lande* sie im *Journal encyclopédique* angezeigt hatte, setzte er noch hinzu: „Herr *Flaugergues*, Mitglied des Nationalinstituts zu Viviers, hatte ähnliche Versuche im Jahr 1795 unternommen. Er hatte indeſs keine Kenntniſs von den Bolognischen, und es fehlten ihm auch die nöthigen Mittel, um sie ganz nach seinem Sinn anstellen zu können.» Worin die Hindernisse bestanden haben, und wie die Versuche abgelaufen sind, davon erfährt man nichts weiter, — und eben so wenig, ob Herr *Flaugergues* sie nachher wieder aufgenommen hat. — Die Nachricht, daſs in Frankreich Jemand was unternommen, und nicht ausgeführt hat, — ist an sich unwichtig; ich habe sie nur als Beytrag zu den vielen Beweisen angeführt, daſs wir in Deutschland ungleich besser wissen, was man in Frankreich hat thun wollen, — als man in Frankreich weiſs, was in Deutschland geschehen ist.

der hiesigen Bibliothek. Der Titel einer dieser Schriften war: *Teorema d'induzione dell' Abate Giov. Bat. Guglielmini. Bologna* 1799. *Per le Stampe di S. Tommaso D'Aquino. Con approvatione.* — Den Titel des zweyten ist mir nicht erlaubt öffentlich zu nennen.

Zum Schluſs muſs ich noch der Strasburger Verſuche erwähnen, die man in dem Jahre 1770 mit ſenkrecht geſchoſſenen Kanonenkugeln angeſtellt hat. *La Lande* führt ſie in ſeiner Aſtronomie *Tom. I.* §. 1802 an, und zitirt den December des *Journal des ſavans* von 1771. In der holländiſchen Ausgabe habe ich ſie nicht finden können. — *La Lande* ſagt in der Note: *A Strasbourg on a trouve les boulets a* 367 *Toiſes de diſtance. Lichtenberg* führte dieſe Verſuche in ſeinen Vorleſungen an. In meinen Heften finde ich folgende Angaben aufgezeichnet. Die Kanone war ein 24Pfündner. Sie wurde ſenkrecht geſtellt, und in dieſer Lage mit Balken befeſtigt. Beym erſten Venſuch blieb die Kugel 53 Sek. aus, und fiel 1800 Fuſs ſüdlich von der Kanone ein Loch von 28 Zoll in die Erde. Bey ihrer Rückkunft machte ſie ein Getöſe wie das Rollen des Donners. Die zweyte Kugel blieb 55 Sek. aus, und fiel 2200 Fuſs öſtlich von der Kanone. —

Nach der Theorie, die *d'Alembert* gibt, muſs eine Kugel, die unter dem Aequator mit einer Geſchwindigkeit von 900 Fuſs in der Sekunde in die Höhe geſchoſſen wird, 60 Fuſs nach Weſten niederfallen. (*D'Alembert Hiſt. de l'ac.* 1771. *p.* 10. *Opuſc. Tom. VII. p.* 327. nach *La Lande* §. 1082.)

Dieſes ſind alle Verſuche, die man ſeit *Copern* über das wichtige Theorem von der Umdrehung der Erde angeſtellt hat. — Daſs alle miſslangen, hat zum Theil darin ſeinen Grund, daſs dieſe Verſuche ſehr ſchwierig ſind, und zum Theil darin, daſs man ſie nicht zweckmäſsig anordnete. Das Letztere war vorzüglich bey den ſteilrecht geſchoſſenen Kugeln der Fall.

Sechster Abschnitt.

Versuche über die Bewegung der Erde, im Jahr 1802 angestellt im grossen Michaelisthurm in Hamburg. — Vorläufige Versuche im Herbst von 1801. — Versuche vom 9ten und 12ten Julius von 1802. — Versuche vom 23. Julius mit der *Guglielminischen* Maschine und 235 Fuss Fallhöhe. — Versuche vom 14ten und 16ten August. 3 Versuche vom 17. Sept. von 340 Fuss Fallhöhe. — Ursache ihres Misslingens. — Ueber den beständigen Luftzug in der hohlen Säule. — 3 Versuche von 235 Fuss Fallhöhe. — Ueber die Ursachen der grösseren Fehlergränze gegen Bologna. Ueber die Sicherheit des Mittels aus mehreren Beobachtungen bey bekannter Fehlergränze. — Versuche vom 14. u. 15ten Octbr. von 235 Fuss Fallhöhe. — Versuche vom 23. Octbr. — Versuche vom 26. Octbr. — Mittel aus 31 Versuchen. — Uebereinstimmung des Mittels mit der Theorie.

Galiläi ſagte in ſeinen Geſprächen, daſs ſich keine Verſuche über die Bewegung der Erde anſtellen lieſsen, — weil der Erfolg ſich eben ſo gut aus der bewegten Erde, als aus der ruhenden erklären lieſs. —

Er überſah hier den Umſtand, daſs nur bey geradlinichter Bewegung abſolute Ruhe von relativer nicht zu unterſcheiden iſt. Sobald aber die Bewegung krummlinicht iſt, ſind die verſchiedenen Theile, welche bewegt werden, nicht mehr in abſoluter relativer Ruhe, ſondern nur (wenn ich ſo ſagen darf) in einer relativ relativen Ruhe.

Da nun beyde Bewegungen der Erde, ſowohl die tägliche um ihre Axe als auch die jährliche um die Sonne, krummlinicht waren, ſo muſsten über beyde ſich Verſuche anſtellen laſsen. Ein Punkt, der dem Mittelpunkt der Bewegung näher war, hat eine geringere Geſchwindigkeit als ein anderer, der weiter von ihm entfernt iſt. Wenn nun die Geſchwindigkeiten beyder Punkte miteinander verglichen wurden, ſo muſste ſich ein Unterſchied zeigen, wenn ſich die Erde bewegte. —

Zur Vergleichung der Geſchwindigkeiten zweyer Punkte hatte man ein ſehr einfaches Mittel; der Satz

der Mechanik: daſs ein Körper ſeine Bewegung, die er einmal hat, durch eine neue Bewegung, die ihm mitgetheilt wird, nicht wieder verliert, — war bekannt. Und eben ſo bekannt war es: daſs wenn man von der Spitze des Maſtes eines ſegelnden Schiffes, oder von der Spitze eines Thurms eine Kugel fallen lieſs, beyde während des Falls die Bewegung behielten, die ihnen in der Spitze mitgetheilt war.

Lieſs man daher von einer beträchtlichen Höhe eine genau gedrehte Kugel an einer Scale herunterfallen: ſo war Scale und Kugel im erſten Moment des Falls ruhend gegen einander, weil beyde dieſelbe Bewegung nach Oſten hatten. — Bey weiterem Fall geht aber die Kugel an Theilen der Scale vorbey, welche einem kleinern Halbmeſſer zugehören, und alſo eine immer kleinere und kleinere Bewegung nach Morgen haben. Sie muſs dieſen alſo voreilen, wenn ſich die Erde bewegte. — Und eilt ſie ihnen nicht vor, ſo dreht ſich auch die Erde nicht um ihre Axe.

Dieſes lehrte *Neuton* im Jahr 1669. Die Verſuche, die man darüber anſtellte, ſind im vorigen Abſchnitt erzählt worden. —

Eben ſolche Verſuche, als ſich über die Umdrehung der Erde um ihre Axe machen lieſsen, muſsten ſich über ihren Umlauf um die Sonne machen laſsen; denn der Theil, welcher der Sonne zugekehrt war, war der Sonne oder dem Mittelpunkt der Bewegung um 800 Meilen näher, als der Mittelpunkt der Erde, — hatte folglich einen geringern Schwung nach Morgen, und eine Kugel alſo, die man von der Oberfläche der Erde fallen lieſs, muſste hinter dem Mittelpunkt der

Erde zurückbleiben, und nach Westen fallen. Eine Kugel, die von der entgegengesetzten Seite der Erde fiel, fiel aus denselben Gründen nach Osten.

Bey den Versuchen über die Axendrehung kam es blofs auf die geographische Breite des Orts an; — bey denen über die jährliche Bewegung mufste man aufser dieser noch auf die Tageszeit, wann die Versuche gemacht würden, und auf die Jahrszeit Rücksicht nehmen.

Da die beyden Bewegungen der Erde nicht von einander zu trennen sind, so war das Resultat von allen Versuchen aus beyden zusammengesetzt. — Hiedurch wurde die theoretische Betrachtung des Problems sehr verwickelt und schwierig. Und diese Schwierigkeiten wurden noch durch den Umstand vermehrt, dafs die anziehende Kraft der Erde dem Fall der Kugel, die nach Osten fällt, nicht parallel wirkt, und dafs die Kugeln nicht im leeren Raum fallen, sondern durch Luftschichten, welche sich dem Aequator parallel bewegen, und die die Kugel also auf ihren Fall um so schiefer durchschneiden mufs, je gröfser die geographische Breite des Orts ist, wo die Versuche angestellt werden. *)

*) Die Auflösung des Problems findet sich im folgenden Abschnitt. Bey dieser ist indefs auf die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn keine Rücksicht genommen, weil der Halbmesser der Erde gegen den ihrer Bahn so klein ist, dafs bey einer Fallhöhe von 235 Fufs, noch keine Abweichungen merkbar sind, die von der Bewegung der Erde auf ihre Bahn herrühren. Eben so kann man die Luft als relativ ruhend gegen die Kugel ansehen, da sie sich unten nur um etwas weniges langsamer nach Osten bewegt, als die Kugel.

Indeſs war es überflüſsig, Verſuche über die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne anzuſtellen. Denn wenn die Bahn der Erde nicht verſchwindend klein gegen die Entfernung der Fixſterne war, ſo muſste man an dieſen eine ſcheinbare Bewegung bemerken, welche von der Bewegung der Erde auf ihrer Bahn herrührte, und die alſo jährlich regelmäſsig zurückkehrte.

Dieſes war das berühmte Problem von der Parallaxe der Fixſterne.

Weil man aber eine ſolche Bewegung nicht an den Fixſternen bemerkte, ſo wurde daraus zuſammen geſchloſſen, daſs die Erde keine jährliche Bewegung um die Sonne habe. — Aber Copernikus bemerkte ſchon in ſeinem 6ten Buche *de revolutionibus*, daſs dieſe Parallaxe wegen der ungeheuren Entfernung der Fixſterne ſo klein ſey, daſs man ſie nicht wahrnehmen könne.

Um das Jahr 1725 ſtellte *Bradley* in England, mit einem vortrefflichen 24füſsigen Zenithſektor von *Graham*, eine Reihe äuſſerſt genauer Beobachtungen über die Parallaxe der Fixſterne an, — und fand, daſs ſie auf jeden Fall kleiner ſey, wie 1 Sekunde; er fand aber auch zugleich, daſs die Fixſterne eine andere jährliche Bewegung hätten, — die im Maximo auf 40 Sek. ginge, und die der Parallaxe entgegengeſetzt ſey. — Dieſes war die Abirrung des Lichts, welche von der Bewegung der Erde auf ihrer Bahn herrührte; — eine Entdeckung, welche von *Olof Römer* durch die Beſtimmung der Geſchwindigkeit

des Lichts vorbereitet war, — und welche der entſcheidendſte Beweis von der Bewegung der Erde um die Sonne iſt.

Seit *Bradley* hat man die Bemühungen, die Gröſse der Parallaxe einiger der nächſten Fixſterne zu beſtimmen, fortgeſetzt; und da man keine Hoffnung hatte, Zenithſektoren zu verfertigen, mit denen man Theile einer Sekunde beſtimmen könnte, ſo hat man hiezu die Doppelſterne vorgeſchlagen, und vorzüglich den kleinen Stern beym Aigle. — Zwey Sterne, die ſehr nahe bey einander ſtehen, müſsen ſich ſcheinbar einander nähern oder von einander entfernen, je nachdem die Erde von ihnen weggeht, oder auf ſie zu. — Um dieſe kleinen Winkel mit einer groſsen Schärfe zu meſſen, hatte Dr. *Olbers* ein Mikrometer angegeben, in dem zwey Zirkelſegmente mit ihren convexen Seiten aufeinander ſtanden. Dieſe waren in dem Brennpunkt eines ſtarken Achromats ſo angebracht, daſs ihr Berührungspunkt mitten zwiſchen beyden Sternen durchging. — Jeder Stern beſchrieb nun hinter dieſen Segmenten eine Sehne, deren Länge ſich ſchnell änderte, ſobald die Sterne ſich etwas von einander entfernten, weil bekanntlich die Sehnen gegen den Rand hin ſo ſehr ſchnell ab- und zunehmen. — Dieſe ſo ſehr gut angelegten Verſuche miſslangen indeſs, weil eine kleine Parallaxe des Auges nicht zu vermeiden war. Nachher ſuchte *O.-A.-M. Schröter* die Entfernung der Sterne mit einem Projektions-Mikrometer zu beſtimmen, welches aus mehreren Paaren Lichtpunkten beſtand, und er fand, daſs keiner der von ihm beobachteten Doppelſterne eine

Parallaxe von $\frac{3}{4}$ Sek. habe, — daſs aber *Orion* und *Meſarthim* eine wirkliche zu haben ſchienen, die etwas gröſser wie $\frac{1}{2}$ Sek. ſey. (*A. J. B.* 1805. *S.* 200.)

Dr. *Olbers* zeigte endlich in einer photometriſchen Abhandlung über die Lichtſtärke des Aldebaran und Mars am 23. Febr. 1801, daſs die Sterne der erſten Gröſse wenigſtens 311,000 Sonnenfernen von uns entfernt ſeyn müſsen, wenn ſie dieſelbe Gröſse und Helligkeit haben, wie unſere Sonne. — Bey dieſer Entfernung kann die Parallaxe eines Fixſterns nicht über 1, 3 Sek. ſeyn, und der Ausſpruch des Copernikus: daſs deswegen die Fixſterne keine Verrückung durch die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn erleiden, weil ſie ſo weit entfernt ſind, daſs die Entfernung der Erde von der Sonne gegen die ihrige verſchwindend klein iſt, wird hier durch eine Reihe ſinnreicher Schlüſse, aus photometriſchen Gründen beſtätigt. (*M. C. October* 1803.)

Ich werde jetzt die Verſuche, die ich im Jahr 1802 über die tägliche Umdrehung der Erde in Hamburg angeſtellt habe, in der Ordnung erzählen, in der ſie gemacht ſind.

Verſuche den 7ten Octbr. 1801.

An dieſem Tage ſtellte ich die erſten vorläufigen Verſuche mit 6 Flintenkugeln an, wovon 3 - 5 Linien, und die 3 anderen 8 Linien Durchmeſſer hatten. Sie ſollten unten in ein Käſtchen mit Pfeiffenthon fallen, in deſſen Mitte eine Röhre war, durch die der Drath des Loths beym Centriren ging. — Auf die Kugeln hatte ich Seidenfäden zum Aufhängen geklebt. — Sie waren nicht gedreht. Die Fäden wurden winkelrecht über ein Eiſen gezogen, und jenſeits des Eiſens abgeſchnitten.

Dieſe 6 Kugeln fielen unten überall hin, nur nicht in das Thonkäſtchen. Die erſte fiel 6 Fuſs nach Süden, die zweyte eben ſo viel nach Weſten, und eine dritte nach Oſten. Dieſe groſsen Abweichungen kamen von der Kleinheit der Kugeln. Kugeln von 1½ Zoll, die bey den Verſuchen über den Widerſtand mit weit weniger Sorgfalt abgeſchnitten wurden, fielen viel näher um den Mittelpunkt.

Verſuche den 9ten Julius 1802.

Ich hatte in eine Meſſingsplatte ein feines Loch gebohrt; durch dieſes wurde der Seidenfaden der Kugel durchgezogen, und über der Platte an einen Haken befeſtigt. Der Faden machte über der Platte mit dieſem einen Winkel von 45 Grad. — Mit einer äuſſerſt ſcharfen Scheere ſchnitt ich dann den Faden in der Richtung ab, in der er in dem Loch der Platte anlehnte. — Der Faden konnte alſo der Scheere nicht

ausweichen, und da der Schnitt dicht über der Platte geschah, so glaubte ich dass hierdurch der Kugel keine Bewegung würde mitgetheilt werden.

Das Kästchen mit Pfeiffenthon hatte ich verworfen, weil das Centriren zu viel Schwierigkeit machte, und weil eine Kugel leicht die Röhre treffen konnte, durch welche der Drath vom Loth ging.

Ich hatte statt dessen folgende Einrichtung gemacht. Auf zwey 8 Fuss lange und ¾ Fuss dicke Balken war ein Brett genagelt, in dessen Mitte ein Loch von 2 Zoll Durchmesser gebohrt war (*Fig.* 2. *Taf. VII.*) Dieses Loch wurde durch Verschieben der Balken unter den Aufhängepunkt der Kugel gebracht.

Dann wurde auf dieses ein kleines Brett von Mahagony gelegt, in dessen Mitte ein kleines Loch von 2 Linien Durchmesser war. Durch dieses kleine Loch wurde der Faden des Loths durchgezogen, und unten die Kugel eingehangen. — Das kleine Brettchen wurde dann so lange auf dem grossen verschoben, bis der Drath durch die Mitte des Lochs ging. — Zwey Schrauben befestigten dann das kleine Brett auf's grosse, welches zugleich an seiner untern Seite 4 eiserne Spitzen hatte, die in das untere eindrangen, und alles Verschieben unmöglich machten. Auf's grosse Brett und auf's Pflaster, auf dem die Balken lagen, wurden mit Bleystift Linien aufgerissen, um, wenn eine Verschiebung vorfiel, sie gleich bemerken zu können. —

Das kleine Brett hatte zwey Kreuzlinien, wovon die eine der Meridian, und die andere der Breitenkreis des Aufhängepunkts war, Diese durchschnitten

ſich im Mittelpunkt des kleinen Lochs. — Mit einer Magnetnadel von 3 Zoll wurden ſie nach den Weltgegenden gerichtet. — Die Abweichung der Magnetnadel wurde zu 21 Grad angenommen. Der Abſtand des Mittelpunkts der Gruben vom Meridian und Paralell wurde mit einem Handzirkel gemeſſen, und mit einem Maaſsſtabe von Buxbaumholz, der ſehr gut getheilt war, verglichen.

Während der Verſuche wurde das Loth weggenommen, und nach den Verſuchen wieder aufgehangen, um ſicher zu ſeyn, daſs nirgend eine Verſchiebung oder eine Krümmung des Thurms vorgefallen ſey.

So ſehr lange Lothe ſind nicht gut zum Stillſtehen zu bringen. — Ich ſchätzte den Mittelpunkt der Schwingung, wenn dieſe nur noch 1 Linie war. — Hiebey fand eine Ungewiſsheit von ½ Linien ſtatt, die aber auf das Reſultat keinen Einfluſs hatte, weil ſie bald auf dieſe Seite fallen konnte, und bald auf die andere.

Den 9ten Julius lieſs ich von 240 Fuſs zwey Kugeln fallen, welche gedreht waren, und zwey Zoll im Durchmeſſer hatten. — Es war ein ſtarker Oſtwind, der aber auf den Fall keinen Einfluſs zu haben ſchien. Von 240 Fuſs bis unten hin iſt der Thurm völlig zu.

Die erſte Kugel fiel 2 Zoll nach Weſten, und 2 Linien nach Süden. Sie hatte ſich um etwa 3 Grad um ihren Mittelpunkt gedreht. Die zweyte Kugel fiel 4¼ Zoll nach Oſten, und 1 Zoll nach Süden.

Das Mahagonybrett, worauf die erſte fiel, wurde entzwey geſchlagen. Die Kugel hatte ſich auf dem Mahagonybrett nicht flach geſchlagen, aber ſie war ſchief geworden. Dieſes kam vielleicht daher, daſs die Kugel inwendig nicht dicht war. — Die Vertiefung, welche die Kugel auf dem Mahagonyholz gemacht hatte, betrug 1 Linie.

Eine eichene Bohle von 3 Zoll Dicke, die für die zweyte untergelegt wurde, blieb ganz. — Die eiſernen Schrauben, mit denen die beyden Bretter aufeinander geſchraubt waren, flogen ab. — Dieſes kam daher, daſs die Dröhnung ſo ſtark war und die Schrauben ſo feſt angezogen waren, daſs ſie nichts mehr nachgeben konnten.

Verſuche vom 12ten Junius.

An dieſem Tage war es äuſſerſt ſtilles Wetter, und ich lieſs deſswegen die Kugeln von 340 Fuſs fallen, wo ſie durch die Säule durch muſsten.

Die 1ſte fiel $3\frac{1}{4}$ Zoll nach Südoſt, und ſchlug eine Kante von der eichenen Bohle ab.

Die 2te fiel $1\frac{1}{4}$ Zoll nach Oſten, und $\frac{3}{4}$ Zoll nach Norden, und die Bohle entzwey.

Die 3te ſchlug 2 Fuſs nach Süden, und eine Kante von einem Balken ab.

Die 4te 1 Fuſs nach Weſten, und ein Unterlage-Brett entzwey.

Die 5, 6, 7 u. 8te Kugel waren ſolche, die ſchon einmal gefallen waren, aber dabey nur wenig gelitten hatten. — Sie ſchlugen nach allen Seiten ein paar Fuſs vom Mittelpunkt.

Die Kugeln schlugen in die eichenen Bohlen Löcher von $\frac{1}{2}$ Zoll tief, bekamen aber selbst dabey so wenig Verletzung, daſs man die Stelle nicht finden konnte, wo sie aufgeschlagen waren. — Vom Zurückfallen auf's Pflaster bekamen sie eine Fläche von 3 Linien Durchmesser.

Da mich die vorigen Versuche gelehrt hatten, daſs beym Abschneiden der Kugeln der Fall zu sehr gestört werde, so lieſs ich mir eine ähnliche Maschine machen, wie *Guglielmini* gebrauchte. — Die Maschine war von Buchsbaumholz, und nur die Schneiden der Zange waren von Eisen, und die Feder, welche die Zange zudrückt, von Stahl. Ihre Länge war 11 Zoll, ihre Breite 4. Unten drehte sich der Hebel zwischen zwey kleinen Pföstchen, und oben ging er zwischen zwey andern auf und nieder, um seinen Gang sicher zu machen. — Sie öffnete sich bey einem ganz leisen Druck auf den obern langen Hebelarm. — Die Maschine wurde mit 4 Holzschrauben auf einen Pfosten geschraubt, der oben im Thurm lag. (S. *Taf. V.*)

Ich lieſs mir zugleich 12 Kugeln aus einer Mischung von Bley und Zink gieſsen, welche äusserst sorgfältig gedreht, geschliffen und polirt wurden. — Von diesen 12 waren nur 8 gut. Die übrigen 4 waren, wie sich beym Drehen zeigte, undicht gegossen.

Ich untersuchte zugleich, um alle Vorsicht anzuwenden, die Lage des Schwerpunkts, indem ich sie auf Quecksilber schwimmen lieſs. — Bey den Probe-

verſuchen, die ich machte, überzog ich die Kugel mit Baumöl. Aber dieſes ſtreifte ſich, wie die Kugel in's Queckſilber fiel, ab, und ſchwamm oben auf. — Da dieſes nicht ging, ſo überzog ich ſie mit Firniſs, welcher aus Schellack und Weingeiſt beſtand.

Die Kugeln verlohren indeſs durch dieſes Ueberſtreichen ihre vorige Glätte, und ſie hatten beym Schwimmen im Queckſilber eine ſolche Trägheit, daſs man faſt jeden Punkt der Kugel oben drehen konnte, ohne daſs ſie rotirten. Dieſes kam von der Reibung der nicht glatten Kugel in dem nicht mehr völlig reinen Queckſilber her. Ich hatte in eine Obertaſſe 2 Pfund Queckſilber gegoſſen, auf dem die Kugeln, welche 1,4 Zoll Durchmeſſer hatten, frey ſchwammen. — Es war überflüſsig, hiebey mehr Queckſilber anzuwenden.

Als der Aufhängepunkt an den Kugeln beſtimmt war, ſo kochte ich ſie in Branntewein, um den Firniſs wieder herunter zu bringen. Dieſes gelang nur zum Theil, und ich muſste, um die Kugeln wieder glatt zu bekommen, ſie auf's neue abſchleifen und poliren laſsen.

Ich halte das Schwimmen der Kugeln auf Queckſilber für überflüſsig, und habe, auſſer dieſen 8, weiter keine ſchwimmen laſsen. Wenn das Queckſilber auch völlig rein iſt, ſo iſt die Reibung der gefirniſsten Kugel im Queckſilber doch viel gröſser, als nachher der glatten Kugel beym Fall in der Luft. — Wenn nun der Schwerpunkt der Kugel nahe am Mittelpunkt liegt, ſo iſt ſein Beſtreben zu drehen zu klein, als daſs er die Reibung des Queckſilbers überwinden

könnte. Hingegen ist die Reibung der Luft beym Fall sehr schwach, und dann kann der Schwerpunkt sich noch immer drehen, obschon die Kugel auf Quecksilber geschwommen hat.

Ob die Kugeln, die ich hatte schwimmen lassen, sich während des Falls gedreht hatten, das konnte ich bey den meisten nicht bestimmen, da sie bey dem Aufschlagen auf Holz so wenig litten, daſs man die Stelle nicht finden konnte, die unten gewesen war. Bey einer konnte ich es sehen, und die hatte sich wirklich gedreht. — Dieses, und die Unreinlichkeit beym Firnissen — da die warme Kugel nirgend eine Stelle hat, wo man sie sicher anfassen kann, — und die Nothwendigkeit des doppelten Abschleifens und Polirens, und endlich die Ungewiſsheit, ob man doch am Ende den wahren Schwerpunkt unten hat — alles dieses bestimmte mich, weiter keine mehr auf Quecksilber schwimmen zu lassen.

Ich lieſs statt dessen, wenn die Kugeln abgeschliffen und polirt waren, ein Loch von 4 Linien Tiefe und 1½ Linie Weite hineinbohren. In dieses kam der Faden mit einem Knötchen, und zwey halbrunden hölzernen Keilchen, so daſs der Faden aus der Mitte des Lochs kam und die Keilchen der obern Fläche der Kugel völlig gleich waren. Durch dieses Ausbohren war ich sicher, daſs der Schwerpunkt unterhalb dem Mittelpunkt der Kugel sey, wenn übrigens nämlich die Kugel dicht gegossen war. Dieses Dichtgiessen ist nicht schwer, wenn man eine metallene Form hat, die vorher erwärmt ist, — oder wenn man eine hölzerne hat, wie *Fig.* 5. *Taf. VII.* Das Bley muſs

dabey nicht viel über den Schmelzgrad erhitzt seyn, weil es sich sonst zu sehr ausdehnt, und beym Erkalten zu sehr zusammenzieht. Hierin liegt der Grund der Undichtigkeit. An der Oberfläche erkaltet obes Bley schnell, indess es in der Mitte der Kugel noch flüssig ist. — Erkaltet es hier endlich auch, so zieht es sich auch hier zusammen, und kann den ganzen Raum der Kugel nicht mehr ausfüllen, weil die Oberfläche schon fest ist. — Hat man hingegen eine Form wie die angeführte, so giesst man jedesmal anderthalb Kugeln, wovon die untere dicht wird, weil beym Zusammenziehen in der Mitte noch flüssiges Bley aus der obern nachfliessen kann.

Beym Einhängen des Fadens in die Zange suchte ich ihn immer senkrecht zu halten, damit die Fasern des Fadens, wenn sich die Zange schliesst, eine gleiche Spannung erhalten. Schneidet man vorher den Faden auf seine gehörige Länge von 3 Linien, und steckt ihn von unten auf hinein, so können einige Fasern eine ungleiche Spannung erhalten, welche der Kugel beym Losslassen einen kleinen Ruck und eine schiefe Richtung geben. Man muss auf alle diese Kleinigkeiten bey diesen sehr feinen Versuchen Rücksicht nehmen, da das, was oben der Kugel eine Abweichung von nur einer Haardicke gibt, — unten schon eine von drey Linien macht.

Versuche vom 23. Julius.

Es waren an diesem Tage mehrere Gewitter. Die Versuche wurden in den Zwischenzeiten angestellt, wo die Luft ruhig war. Die Fallhöhe bey diesen und den folgenden Versuchen war 235 pariser Fuss.

1ſte Kugel. Fiel 5 Linien nach Norden, und 5 nach Weſten. Ich war nicht ſicher, daſs die Kugel beym Loſslaſſen völlig ſtill hing. — Die Kugel war ſehr gut gedreht.

2te Kugel. Fiel 8, 5 Linien nach Oſten, und 5 Linien nach Süden. Sie war ſehr gut gedreht, und hing beym Loslaſſen völlig ſtill, in ſo fern ich dieſes mit bloſsen Augen ſehen konnte.

3te Kugel traf gerade den Lothpunkt. Dieſe und die folgenden Kugeln, waren zwar in Papier gewickelt geweſen, hatten aber doch ſich im Tragen geſcheuert, und ihre Politur verlohren. —

4te Kugel fiel 1 Linie nach Norden, und weder nach Oſten oder Weſten.

5te Kugel fiel 21½ Linie nach Oſten, 3 Linien nach Süden. Sie hing beym Loslaſſen völlig ſtill, wie die zweyte.

6ſte Kugel. Sie fiel 6 Linien nach Weſten, und weder nach Norden oder Süden. — Sie hing beym loslaſſen völlig ſtill.

Statt der eichnen Bohle, die durch die vorigen Kugeln ſchon kurz geſchlagen war, hatte ich mir jetzt aus dem Wurzelende eines alten Birnbaums ein viereckiges Stück zum Unterlegen zurecht ſchneiden laſſen. Die Holzfaſern waren in dieſem ſo ſehr in einander gewachſen, daſs es unmöglich reiſſen konnte. — Aber das Holz war, weil es noch nicht trocken war, zu weich, und die Kugeln ſchlugen ſolche Löcher hinein, daſs es gleich unbrauchbar wurde. —

Versuche vom 14. August.

Ich hatte die vorigen Kugeln mit aller Sorgfalt wieder abdrehen und schleifen lassen, und, damit sie im Tragen nichts litten, eine jede in einen eigenen Beutel gethan. —

Da weder Mahagony- noch Eichen- und Birnbaumholz halten wollte, so liess ich mir zum Unterlagebrett ein Stück Pockholz zurechtschneiden. — Es wurde so gearbeitet, dass die Kugeln in der Richtung der Radien des Stammes fielen, weil es nach dieser Richtung am wenigsten spaltet. — Uebrigens hatte es in der Mitte wieder ein kleines Loch und Kreuzlinien, wie das von Mahagony. Es war 10 Zoll lang, 6 breit und 1,7 Zoll dick. Die hölzernen Schrauben, welche die Tischler zum Leimen gebrauchen, fand ich zum Aufschrauben desselben sehr bequem.

Die 1ste Kugel fiel 1,6 Linien nach Osten, und weder nach Norden, noch nach Süden. — Die Stelle, wo sie auf das Pockholz aufschlug, war nur schwach zu sehen. — Ich überstrich es nun mit trockener Kreide, auf welche die Kugeln sehr deutliche Kreise schlugen. — Diese Art des Aufschlagens ist sehr bequem. Da die Kugeln gar keine Vertiefung machen, so braucht man nur nach jedem Versuch mit der Kreide drüber zu streichen, und alle Spur ist verlöscht. — Die Kugeln bekamen unten eine flache Stelle von 10 Linien, und flogen fast gar nicht zurück. Etwa zwey oder drey Fuss.

2te Kugel fiel 1,8 Linie nach Osten, und 2,8 nach Süden. Sie hatte sich um 45 Grad gedreht.

3te Kugel fiel 5,2 Linien nach Osten, und 6,8 L. nach Norden. Sie hatte sich um 90 Grad gedreht.

4te Kugel. — Es war windig geworden, und die Kugel fiel 3 Zoll nach Süden. Der Wind ging steif aus Nordwest, und die Versuche wurden geschlossen. Da diese große Abweichung, aller Wahrscheinlichkeit nach, vom Winde herrührte, und da keine der übrigen 31 Kugeln mehr wie 18 Linien vom Mittel abfiel, so werde ich diese Kugel die nahe das doppelte abwich, nachher nicht mit anführen.

Versuche vom 16. August.

Das Wetter war an diesem Tage völlig windstill. — Die Kugeln waren mit aller Sorgfalt gedreht, geschliffen und polirt. Ich bezahlte für jede 2 Mark.

Die 1. Kugel fiel 10 Linien nach Westen, und 1,7 L. nach Süden.

Die 2. Kugel fiel 12 Linien nach Osten, und 2,2 L. nach Norden.

Die 3. Kugel fiel, ehe der Faden losgeschnitten war, da ich durch ein Versehen die Zange zu früh öffnete. Doch schien dieses auf ihren Fall keinen Einfluss zu haben. Sie fiel 1,5 L. nach Westen, und 0,8 L. nach Süden.

Die 4. Kugel fiel 1 Linie nach Westen, und 2 Linien nach Norden.

Die Kugel war mir beym Einmachen des Fadens aus der Hand gefallen, und hatte eine kleine Beule bekommen. Dieses schien auf ihren Fall keinen merkbaren Einfluss zu haben.

Ich bemerkte, dafs wenn die Kugeln auch völlig ftill hingen, fie doch nach einer Minute wieder kleine Schwingungen annahmen. — Ich konnte nicht beftimmen, ob es von der Dröhnung herkomme, welche das Pendel der Thurmuhr macht, die fich ein Stockwerk tiefer befindet, als wo ich die Verfuche anftellte; — oder aber ob es von Zitterungen herkäme, welche im Thurme durch das Fahren der Wagen auf den nahe vorbeygehenden Strafsen entftanden. Die Thurmuhr hat ein Pendel von 7 Zentnern, und zugleich geht fie mit einem Gewicht von 7 Zentnern. Sie hat ein Stiftenrad mit ruhender Hemmung, welches aber fo viel Fall hat, dafs es bey jedem Auffchlagen des Stiffts heftig zittert.

Verfuche vom 17. September.

Das Wetter war an diefem Tage äufferft günftig. Es war völlig windftill, und der Himmel war rundum belegt.

Um 11 Uhr Morgens befeftigte ich die *Z*ange auf 340 Fufs, weil das Wetter fo vorzüglich günftig war, um Kugeln durch die Säule fallen zu lafsen. Die Länge diefer Säule ift 48 parifer Fufs.

Die 1fte Kugel fiel 3 Zoll nach Süden. Sie hatte fich um 45 Grad gedreht.

Die 2te Kugel fiel 7 Zoll nach Weften, und 3 Zoll nach Süden. — Sie hatte fich um ungefähr 10 Grad gedreht.

Die 3te Kugel fiel 1 ½ Fufs nach Südoft. Sie hatte fich um 90 Grad gedreht.

Die Kugeln waren mit aller Sorgfalt gearbeitet. Sie hingen beym Loslassen völlig still; wenigstens war an ihnen keine Bewegung mit bloſsen Augen zu sehen, und sie nahmen auch keine an, wenn man sie mehrere Minuten lang hangen lieſs, *) und in der Säule war fast nicht der geringste Luftzug zu fühlen.

Da nun troz allen diesen glücklichen Umständen die Kugeln um 3, 7 und 18 Zoll vom Mittelpunkt abfielen, so gab ich alle Hofnung auf, je aus der Spitze des Thurms, wo die Fallhöhe 340 Fuſs ist, Kugeln ohne Störungen hinunterzubringen, die 50mal gröſser waren, als die Gröſse, welche man bestimmen wollte. — Denn selbst beym stillsten Wetter ist wohl immer etwas Luftzug in der hohlen Säule, so wie Franklin dasselbe von den Schornsteinen bemerkt, in denen wegen der verschiedenen Dichtigkeit der Luft diese zu gewissen Tageszeiten hinaufsteigt und in andern wieder hinunter, auch wenn die Luft völlig ruhig ist. —

Da ich noch drey Kugeln hatte, und ich diese ungerne vergebens wollte fallen lassen, so schrob ich die Zange wieder auf 235 Fuſs Fallhöhe, und stellte damit folgende Versuche an.

Die 1ste Kugel fiel 8 Linien nach Westen, und 4 nach Norden.

*) Da die Kugeln auf 235 Fuſs immer wieder anfingen zu schwingen, wenn man sie mehrere Minuten lang hangen lieſs, — so scheint, daſs bey den 3 Versuchen von 340 Fuſs entweder keine Wagen in der Nähe des Thurms vorbeyfuhren, oder aber daſs auf 235 bloſs die Dröhnungen der Uhr an den Schwingungen schuld war.

Die 2te Kugel fiel 7 Linien nach Osten, und 8 nach Norden.

Die 3te Kugel fiel 1,5 L. nach Osten, und 9 nach Süden.

Ich hatte nun 16 Versuche mit aller Sorgfalt angestellt. — Die Kugeln waren mit aller möglichen Aufmerksamkeit gedreht, geschliffen und polirt worden, und die Versuche waren an Tagen angestellt, wo die Witterung mich auf eine seltene Weise begünstigte. — Im Jahr 1802 hatten wir einen ausgezeichnet schönen Herbst.

Und doch wichen die Versuche noch bis auf 18 Linien vom Mittel ab, da doch *Guglielminis* seine nur 5 Linien abwichen, wenn man den einen ausschloss wo die grössere Abweichung offenbar vom Zugwinde kam.

Wo lag hievon die Ursache?

Aller Wahrscheinlichkeit nach darin, dass ich nicht, wie *Guglielmini*, meine Versuche des Nachts anstellte.

Am Thurm gehen in einer Entfernung von 40 Fuss zwey lebhafte Strassen vorbey, — die sich in einer Entfernung von 70 Fuss mit zwey andern eben so lebhaften kreuzen. — Die Dröhnungen pflanzen sich durch's Pflaster bis zum Thurme fort und machen, dass dieser zittert. Man wird daher nie bey Tage im Thurm eine Kugel zur völligen Ruhe bringen; und wenn man auch mit blossen Augen keine Schwingungen sieht, so sieht man gewiss noch welche, wenn man den Faden vor einem Vergrösserungsglase spielen lässt.

Die Versuche aber des Nachts anzustellen, war für mich unmöglich, weil ich von den Kirchenjuraten die Erlaubniss nicht erhalten konnte, mit Licht in den Thurm zu gehen. — Im Herbst von 1801, wo ich die Versuche über die Anziehung der Sonne und des Mondes auf lange Lothe machte, ging ich einigemal mit einer Laterne des Abends unten in den Thurm, um nach den Lothen zu sehen. Aber bald liess mir der damalige Kirchenjurate, Herr *Gieseke* freundlich sagen: „Er sähe dieses nicht gerne.»

Der Thurm ist einmal abgebrannt, und da die ganze Spitze von Holz ist, so ist diese Vorsichtigkeit ganz an ihrer Stelle. — Der Thurm Asinelli in Bologna, wo *Guglielmini* seine Versuche machte, ist bis in die Spitze gemauert, wo also die Gefahr von Feuer nicht gross war.

Auch würde ich, wenn mir die Kirchenjuraten die Erlaubniss ertheilt hätten, die Versuche des Nachts anzustellen, vielleicht nicht einmal von dieser Erlaubniss Gebrauch haben machen können. — Als ich diese Versuche machte, lebte ich nicht in Hamburg, sondern im Ham, einem Dorfe, welches eine halbe Stunde von der Stadt liegt. Um Mitternacht hört die Thorsperre auf, und alles ist dann so fest geschlossen, dass man weder in die Stadt kann, noch hinaus, — Die Versuche hätten sich aber nicht vor zwey Uhr anstellen lassen, weil dann erst das Fahren der Kutschen aufhört. — Ich hätte also immer vorher in der Stadt seyn müssen, wenn ich diese Versuche hätte anstellen wollen. Und dieses wäre desswegen nicht wohl angegangen, weil man es selten vorher bestim-

men kann, ob die künftige Nacht um Zwey die Luft ſtill genug zu dieſen Verſuchen iſt.

Auſser der Dröhnung, welche von den Wagen herrührte, fand, wie ich eben ſchon bemerkt habe, noch eine zweyte ſtatt, welche der Gang der Uhr verurſachte. — Dieſe hätte man leicht vermeiden können, wenn man die Uhr ſtill gehalten hätte, allein dieſes ging nicht, weil das ganze Kirchſpiel ſich nach dieſer Uhr richtet. Man kann nun zwar die Uhr ſtill halten, und ſie nach der Taſchenuhr immer fortſtellen und ſchlagen laſſen, — wo dann alles in ſeinem Gleiſe bleibt, — aber um dieſes zu können, hätte ich noch über einen Uhrmachergeſellen müſſen diſponiren können, — welches ich nicht konnte. —

Die dritte Urſache, welche machte, daſs *Guglielminis* Fehlergrenze ſo ſehr viel enger war wie die meinige, lag darin: daſs *Guglielmini* Mikroſkope gebrauchte, und ich nicht. — Wenn *Gugl.* eine Kugel fallen lieſs, dann wuſste er jedesmahl ſicher, daſs ſie ſtillgehangen hatte. Dieſes war bey mir nicht der Fall. Ich konnte oft nicht völlig gewiſs werden, daſs die Kugel keine Schwingungen mache, welche dem bloſsen Auge ſichtbar waren. Und ob ſie mikroſkopiſche mache, das wuſste ich nie. — Die Stelle des Thurms wo ich dieſe Verſuche machte, hat nicht viel Licht und Mikroſkope hätten ſich ohne künſtliche Beleuchtung gar nicht anbringen laſsen. Und mit wenig Licht, und ohne eine feſte Directionslinie für's Auge iſt es oft ſehr ſchwer, ſich von dem ruhigen Stande einer Kugel zu überzeugen.

Guglielmini wuſste: daſs wenn er eine Kugel 25 Minuten ungeſtört hangen lieſs, ſie gar keine Schwingungen mehr mache. Meine Kugeln hingegen hingen am ruhigſten, wenn ich ſie ganz leiſe mit der Hand von unten berührt hatte; — nahmen aber oft wieder ſehr ſichtbare Schwingungen an, wenn ich ſie lange hangen lieſs.

Da es für mich nun unmöglich war, die Fehlergrenze enger zu machen, weil ich die Urſachen nicht aufheben konnte, welche dieſe Fehler veranlaſsten, ſo blieb mir nichts übrig, wenn ich bey allen dem doch ein genaues Mittel haben wollte, — als eine groſse Reihe Verſuche anzuſtellen und auf's ſorgfältigſte alle conſtante Fehler zu vermeiden.

Sobald man beſtimmte Grenzen hat, zwiſchen denen die veränderlichen Fehler bey den Verſuchen bleiben, ſo läſst ſich zugleich die Anzahl Verſuche angeben, mit denen man eine jede gegebene Genauigkeit erreichen kann; vorausgeſetzt, daſs man alle die Fehler vermeidet, welche beſtändig auf dieſelbe Seite fallen.

Bey unendlich vielen Verſuchen fallen die Fehler unendlich oft auf die eine, und unendlich oft auf die andere Seite; ſie heben ſich alſo gegen einander auf, und das Mittel aus allen kann daher nur unendlich wenig von der Wahrheit verſchieden ſeyn, ſo bald die Fehlergrenze eine beſtändige endliche Gröſse iſt.

Aus dieſem Grundſatze folgt: Daſs ſich das Mittel aus einer Reihe Verſuche oder Beobachtungen,

um so weniger von der Wahrheit entfernt, je grösser die Reihe, und je enger die Fehlergränze ist.

Ferner: dass wenn man die Fehlergrenze durch die Anzahl der Versuche dividirt, man die wahrscheinliche Grenze bekommt, um die sich das Mittel von der Wahrheit entfernen kann. —

Und endlich: die Genauigkeit zweyer Mittel aus zwey Reihen Versuchen verhält sich zueinander, wie die Grösse ihrer beyderseitigen Fehlergrenze, dividirt mit der Anzahl der beyderseitigen Versuche.

Wie sicher man sich durch die Menge der Versuche der Wahrheit nähert, das sieht man nie deutlicher, als wenn man mehrere Reihen bildet, und aus diesen das Mittel nimmt.

Diese Mittel weichen unter sich immer viel weniger von einander ab, wie die einzelnen Beobachtungen. —

Verschaft man sich dieser Mittel so viele, dass man aus ihnen wieder Reihen bilden kann, so weichen die Mittel aus diesen wieder ungleich weniger von einander ab, als die ersten thaten.

Ich will hier als Beyspiel die 120 Versuche mit der Tertienuhr nehmen, welche ich bey 10 Fuss Höhe über die Fallzeit anstellte, um den beständigen Fehler des Sinns zu bestimmen.

Die einzelnen Beobachtungen wichen 11 Tertien von einander ab, und die Mittel aus Reihen von 10 Beobachtungen nur 1 ½ Tertie.

Ich bildete aus diesen Mitteln wieder zwey Reihen, jede von 6 Einzelnen. — Und die beyden

Mittel aus diesen Reihen wichen nur um $\frac{1}{16}$ Tertie von einander ab.

Man sieht hieraus, wie sicher man sich durch dieses Verfahren der Wahrheit nähert; $\frac{1}{16}$ Tertie ist eine Gröfse, von der man glaubt, dass es für den Menschen unmöglich sey, sie wahrzunehmen oder zu erhalten; und doch weichen hier zwey Bestimmungen nicht einmal nur diese Gröfse von einander ab.

Und man sieht, dass sich die Genauigkeit noch weiter hätte treiben lassen. Wenn ich so viel Beobachtungen angestellt hätte, dass ich nun zum drittenmahl hätte Reihen formiren und Mittel nehmen können, so wären diese sicher nur in den Tausendtheilen der Tertie voneinander abgewichen. — Aber um dieses zu können, muss man 1000 Beobachtungen haben.

Will man sich auf diese Weise aber der Wahrheit sicheren Schrittes nähern, so hängt alles davon ab: dass man

1) alle constante Fehler vermeidet;

dass 2) von den Versuchen alle Willkühr entfernt ist, u. dass 3) aus den Beobachtungen solche Reihen gebildet werden, wobey man bey den wenigsten Versuchen die gröfste Genauigkeit erhält.

1) *Das Vermeiden der constanten Fehler ist nothwendig, weil sonst eine grofse Reihe Versuche schlimmer ist, wie eine kleine, da sie den Irrthum um so mehr befestigt, je gröfser sie ist.*

Man vermeidet sie durch Vervielfältigung und Veränderung der Versuche und aller der Umstände, von denen sie abhängig sind. So z. B. kann man bey den

Verſuchen über die Axendrehung den Einfluſs den ein kleiner Luftzug auf den Fall der Kugel hat, welcher durch eine Thürritze oder durch eine zerbrochene Seheibe kommt, dadurch aufheben, daſs man nicht allein die Verſuche bey ſtillem Wetter anſtellt, — wodurch der Einfluſs ohnehin klein wird, — ſondern auch bey ganz verſchiedenen Windſtrichen, wo er ſich gegeneinander aufhebt und keinen conſtanten Fehler macht.

Aber oft iſt es nicht in unſerer Gewalt, all' die Umſtände zu ändern, die einen beſtändigen Fehler machen. — Es bleibt dann nichts übrig, als die Gröſse dieſes Fehlers zu beſtimmen und ihn als bekannt mit in Rechnung zu nehmen. So lieſsen ſich z. B. die Urſachen, welche die Fallzeiten zu groſs angaben, durch kein Anhäufen wegſchaffen, weil der Fehler der Uhr und der Fehler des Sinns beſtändig an dieſelbe Seite fielen. — Es blieb daher nichts übrig, als die Gröſse dieſer Fehler mit ſolchen Verſuchen zu beſtimmen, in denen alles übrige ſchon bekannt war. — Auf dieſe Weiſe wurden die 9''' die vom Fehler der Uhr herrührten, durch Summiren von einzelnen Sekunden gefunden, — weil die Summe aller Sekunden und der mittlere Gang der Uhr bekannt war. — Und die 3,7''' die vom Fehler des Sinns kamen, wurden durch Vergleichung der beobachteten Zeiten mit den bekannten und berechneten gefunden, da auf dem Stadio von 10 Fuſs nicht allein die Fallzeit aus der Pendellänge, ſondern auch der Widerſtand aus dem Neutonſchen Geſetz bekannt war.

Wenn man auch noch ſo ſorgfältig alle conſtanten Fehler durch Veränderung der Verſuche und der

Umſtände vermieden hat, ſo iſt es doch ſehr vortheilhaft, wenn man ſeine Verſuche irgendwo an ſchon bekannte Gröſsen anknüpfen kann. Stimmen dann Verſuche und Rechnung mit einander, ſo iſt man völlig ſicher, daſs nicht irgendwo ein kleiner unbekannter conſtanter Fehler iſt verborgen geblieben.

Das zweyte Erforderniſs, den Verſuchen eine groſse Genauigkeit zu geben, iſt: *Die Entfernung aller Willkühr beym Ausſchlieſsen der Verſuche, wenn man das Mittel nimmt.* — Hier kann es ſelbſt bey dem beſten Willen, die Verſuche völlig *ſine ira et ſtudio* zu machen, fehlen, wenn man ſich nicht ſtrenge an den Grundſatz hält: *Aus allen Verſuchen das Mittel zu nehmen, bey denen man ſich keines Fehlers bewuſst iſt,* und nur die auszuſchlieſsen, deren zu groſse Entfernung vom Mittel es entſchieden beweiſt, daſs eine fremde Urſache im Spiel war.

Man muſs daher nie Verſuche unter ſolchen Umſtänden anſtellen, wo man nicht beſtimmen kann, ob ein auſserordentlicher Fehler dabey vorgefallen iſt. Dieſes kann man bey ſehr feinen Verſuchen, wie z. B. mit der Tertienuhr, ſchon nicht, wenn man müde wird, oder wenn man nicht aufgelegt zum Beobachten iſt, weil es dann unmöglich iſt, ſich all' der einzelnen Zeitmomente deutlich bewuſst zu werden, worauf es bey der Beſtimmung der Fallzeit ankömmt.

Wenn man daher eine groſse Reihe Verſuche angeſtellt hat, und hat die ausgeſchloſſen, bey denen

man ſich eines Fehlers bewuſst war: ſo muſs man aus allen das Mittel nehmen, auch wenn einer dabey iſt, der ſich ungewöhnlich weit von den übrigen entfernt.

Gewöhnlich läſst man dieſen aus; aber ich glaube, daſs das unrecht iſt. Denn es können 10 verſchiedene Umſtände da ſeyn, welche die Abweichung vom Mittel bewirken. Von dieſen können im Einzelnen 5 Verſuche an die eine Seite fallen, und 5 an die andere, wo ſie ſich dann gegen einander aufheben, und der Verſuch liegt im Mittel. Aber eben ſo gut können einmal 9 an die eine Seite fallen, und nur 1 an die andere, und dieſer Verſuch muſs dann natürlich weit vom Mittel abweichen. Aber ihn wegzulaſſen wäre Unrecht, weil auſser den gewöhnlichen Fehlern keine neue in ihm ſind. Man würde alſo das Mittel ſtören, wenn man ihn wegließs, weil man die Summe der Fehler ſtörete, die an die eine und die andere Seite fallen. Aber eben ſo würde man das Mittel ſtören, wenn man ihn beybehielt, *und er von einem auſserordentlichen Fehler herrührte,* der dem Beobachter unbemerkt geblieben wäre. *Lambert* hat dieſe beyde Fälle nicht unterſchieden, wenn er in ſeiner Abhandlung über die Genauigkeit der Verſuche die Regel gibt: daſs, wenn man den, am meiſten vom Mittel abweichenden Verſuch wegläſst, und auf neue das Mittel nimmt, dieſes weniger von der Wahrheit abweicht, als das vorige.— Die beyden Sätze, worauf *Lambert* dieſes gründet, ſind an ſich wahr: „Das Mittel aus allen iſt der Wahrheit näher, als jeder einzelne Verſuch; und der Verſuch, der am meiſten vom Mittel abweicht, weicht auch am meiſten von der Wahrheit ab.“ Und doch

entfernt man ſich wieder von der Wahrheit, wenn man den entfernteſten vom Mittel wegläſst, ſobald bey dieſem keine andere Eehler vorgefallen ſind, wie die gewöhnlichen, weil man das Gleichgewicht der Fehler unter ſich ſtöhrt.

Hier iſt kein anderer Ausweg um völlig ſicher zu ſeyn, als daſs man die Reihe der Verſuche ſehr groſs macht. — Hat man nur etwa 10 oder 12 Verſuche, ſo kann man es oft gar nicht entſcheiden, ob an ſeiner gröſseren Abweichung ein auſſergewöhnlicher Fehler Schuld iſt, oder nicht. Hat man aber eine Reihe von 100 Verſuchen, ſo kann man ſehr gut beurtheilen, ob man ihn weglaſsen ſoll oder nicht. — Iſt er bloſs vom Anhäufen der kleinen Fehler auf der einen Seite entſtanden, ſo iſt dieſes in der ganzen Reihe mehrmahls der Fall geweſen, und es finden ſich mehrere, die eben ſo vom Mittel abweichen, als dieſe; — iſt es aber ein auſſergewöhnlicher Fehler geweſen, der dieſe Abweichung verurſacht hat, ſo finden ſich weiter keine, und man läſst ihn aus. — Und hierbey iſt zugleich der Vortheil, daſs die Unmöglichkeit des Irrthums und die Unſchädlichkeit deſſelben, gleich ſehr mit der Anzahl der Verſuche zunehmen. — Läſt man bey 100 Verſuchen einen Verſuch weg, den man bey Mittel hätte behalten ſollen, ſo iſt der Einfluſs hiervon auf's Mittel 10mal kleiner, wie wenn man dieſes bey 10 Verſuche gethan hätte.

Da bey einer geringen Anzahl Verſuche ein Irrthum beym Ausſchlieſsen nicht allein leichter möglich ſondern auch bedeutender iſt, ſo muſs man bey we-

nig Verſuchen äuſſerſt vorſichtig ſeyn, vorzüglich da ſich bey willkührlichem Auslaſsen faſt jedes Mittel erhalten läſst, welches man will. Hierin wird häufig gefehlt, und mehr als man glaubt; beſonders wenn nicht alle die Verſuche mit angeführt werden, die beym Mittel nehmen ausgeſchloſſen werden. — Es iſt natürlich, daſs man gerne enge Fehlergränzen haben will, und daſs man ungerne Verſuche bekannt macht, die man ausſchloſs, weil man ſie ſehlerhaft hielt. — Aber doch glaube ich, daſs es nothwendig iſt, uud daſs man nicht wohl thut, wenn man es unterläſst; obſchon ich bekennen muſs, daſs ich bey der Beſtimmung der Fallzeiten derſelben Fehler begangen habe, wo ich auch die Verſuche nicht mit anführe, die ich als fehlerhaft beym Mittel ausgeſchloſſen habe. — Ich ſah die Wichtigkeit damals nicht ſo ein, wie jetzt; — und als ich ſie einſah, da war es zu ſpät, weil ich ſchon die Papiere verbrannt hatte, wo ſie, mit Bleyſtift aufgezeichnet ſtanden.

Indeſs hat die nachherige groſse Uebereinſtimmung zwiſchen der Rechnung und den Verſuchen bewieſen, daſs die Fehler, die etwa durch unrechtes Weglaſſen hätten können entſtanden ſeyn, ſehr unbedeutend ſeyn müſſen, weil ſonſt beyde, — die in einer Entfernung von 15 Meilen völlig unabhängig von einander gemacht wurden, — nicht miteinander, bis auf die Dezimale der Tertie übereinſtimmen könnten. Ueberhaupt konnte bey der groſsen Anzahl der Verſuche, und weil keine abſolute Zeiten, ſondern nur Zeitunterſchiede beſtimmt wurden, der Fehler der

dadurch entſtand, ſelbſt im Maximo nur die Dezimalen der Tertie ändern.

Meine Verſuche mit der Tertienuhr haben überhaupt die Eleganz nicht, deren ſie fähig ſind. — Der ungleiche Gang der Tertienuhr machte, daſs meine Fehlergrenze nicht ſo enge war, wie ſie ſeyn konnte, — und ich war deſswegen genöthigt, ſo ſehr viele Verſuche zu machen, um ein genaues Mittel zu bekommen. Und darin beſteht gerade die Eleganz aller Arbeiten: Mit dem kleinſten Aufwande von Kraft den gröſstmöglichſten Erfolg — und mit der kleinſten Anzahl von Verſuchen die gröſste Genauigkeit zu erhalten. Da ich nun zugleich mehrere kleine Umſtände vernachläſsigte, — die oben bey den Verſuchen ſelber angeführt ſind, — und da die Verſuche mehr zum Niederreiſsen als zum Aufbauen beſtimmt waren, ſo war der Einfluſs, den dieſes Nichtanführen der weggelaſſenen Verſuche auf das Ganze dieſer Verſuche hatte, unbedeutend. Aber ſehr bedeutend würde dieſer Einfluſs auf den Werth des Ganzen ſeyn, wenn jemand dieſe Verſuche mit all' der Genauigkeit machte, deren ſie fähig ſind, und er dann die Beobachtungen nicht mit anführen wollte, die er beym Mittel wegließs.

Das dritte Erforderniſs bey Verſuchen iſt: *aus den Beobachtungen ſolche Reihen zu bilden, wobey man bey den wenigſten Verſuchen die gröſste Genauigkeit erhällt.* — Oft ſind die Beobachtungen von der Art, daſs bey jeder einzelnen Reihe eine beſondere Gröſse mit in Rechnung kommt, wie z. B. bey den Fallverſuchen

die jedesmahlige Bestimmung des Gangs der Tertienuhr; — und man kann deſswegen nicht aus allen Beobachtungen Eine groſse Reihe bilden. — Bey der Bestimmung des Ganges findet immer eine kleine Ungewiſsheit statt, welche für die ganze Reihe constant ist, und dieselbe bleibt, man mag 10 Beobachtungen oder 100 haben. — Diese Ungewiſsheit muſs nie so groſs seyn, als die, welche den Beobachtungen an sich noch anklebte, weil man leichter den mittleren Gang der Uhr bestimmen kann, wie ein halbes Dutzend Versuche machen. Man darf deſswegen keine Reihen von 100 und mehreren Versuchen formiren, wenn man nicht das wieder auf der einen Seite doppelt verliehren will, was man auf der andern gewinnt. — Die schicklichste Gröſse für Reihen mit der Tertienuhr ist 12 bis 15 Versuche.

Diese Bemerkungen: über die Genauigkeit der Versuche, und über die Art sie zu erhalten, stehen hier zum Theil als Episode — aber doch, wie ich glaube, nicht ganz an der unrechten Stelle, weil sie zum Theil nicht allein unmittelbar auf diese Versuche angewandt werden, sondern auch gleichzeitig mit ihnen sind. — Ich schrieb sie während dieser Versuche nieder, — und diese Versuche waren die Veranlassung dazu, so wie auch umgekehrt mich diese Betrachtungen bestimmten, die Versuche über die Rotation fortzusetzen, ungeachtet meine Fehlergrenze 18 Linien war, und ungeachtet keine Möglich-

keit für mich da war, die Verſuche des Nachts anzuſtellen, oder Mikroſkope dabey zu gebrauchen.

Da ich die Fehlergränze nicht vermindern konnte, ſo war mir nur noch ein Weg übrig, die Gröſse genau zu beſtimmen, um welche ſich die fallende Kugeln von der Senkrechten entfernten. — Weil nämlich die Urſachen dieſer Entfernung in jedem Verſuche dieſelbe war, ſo konnte man durch eine groſse Reihe Verſuche dieſe Abweichungen ſich ſo lange ſummiren laſsen, — bis die Fehlergränze unbedeutend klein gegen die ganze Summe war. —

Ich lieſs mir deſswegen wieder 12 Kugeln aus einer Miſchung von Bley und Zinn zu gleichen Theilen gieſsen, und etwas Zink zuſetzen. — Sie hatten 1,6 par. Zoll im Durchmeſſer, und waren ſchöner als alle vorigen, da dieſe Compoſition ſich ſehr gut drehen und ſchleifen lieſs.

Zugleich kehrte ich, um alles conſtante zu vermeiden, die Zange um, mit der die Kugeln loſsgelaſſen wurden. — Vorher öffnete ſie ſich nach Süden, jetzt nach Norden. — Vorher wurden die Kugeln von der Weſtſeite eingehangen, jetzt von der Oſtſeite. — Bey *Guglielmini* öffnete ſich die Zange beſtändig nach derſelben Seite; dieſes kann bey ſeinen Verſuchen noch auſſer der Krümmung des Thurms einen andern beſtändigen Fehler veranlaſst haben. — Man kann oft gar nicht beſtimmen, was bey ſo feinen Verſuchen einen conſtanten Fehler macht, und es iſt immer das Sicherſte, daſs man alle Umſtände wechſelt, wo dann die conſtanten Fehler nicht allein ſicht-

bar werden, ſondern ſich auch gegen einander aufheben.

Verſuche vom 14. October.

An dieſem Tage ging der Wind ſteif aus Oſten. — Ich würde deſswegen keine Verſuche angeſtellt haben, aber da wir ſchon ſo weit in der Jahrszeit fortgerückt waren, ſo war nicht viel Hoffnung mehr zu ſtillen Tagen übrig.

Die 1ſte Kugel fiel 5,7 Linien nach Norden, und
0,5 Linien nach Oſten.

Die 2te Kugel fiel 17 Linien nach Süden, und
12 L. nach Oſten

Die letzte ſchlug das Pockholzbrett entzwey, und die Verſuche muſsten geſchloſſen werden.

Da der Uhrmacher gerade oben war, ſo hielt er die Uhr ſo lange ſtill. Es war alſo keine Dröhnung der Uhr hiebey im Spiel. —

Die Kugeln hatten ſich nur um 15 Grad gedreht.

Verſuche vom 15. October.

Ich hatte mir wieder eben ſo ein Pockholzbrett machen laſſen, als das vorige war. In dieſes lieſs ich nachher 4 Hornleiſten mit Schwalbenſchwänzen ziehen, welche das Spalten verhüteten.

Das Wetter war an dieſem Tage ſehr ſtill. Bis 11 Uhr lag ein dicker Nebel. Der Wind ging ſchwach aus Südweſt. — Eine zerbrochene Scheibe, von der ich aber nicht glaubte, daſs ſie auf die Verſuche Einfluſs haben könnte, da ſie 40 Fuſs von der Axe des Thurms entfernt war, wurde an dieſem Tage neu eingeſetzt.

Die 1ste Kugel fiel 17,3 Linien nach Osten, und 2 L. nach Süden.

Die 2te Kugel fiel 7 Linien nach Osten, und 2 L. nach Süden.

Die 3te Kugel fiel 0,8 Linien nach Osten, und 8 L. nach Süden.

Die 4te Kugel fiel 17,5 L. nach Osten, und 2 nach Süden.

Die 5te Kugel fiel 14,7 L. nach Osten, und 0,2 L. nach Norden.

Die 6te Kugel fiel 0,2 L. nach Osten, und 16,7 L. nach Süden.

Alle diese Kugeln hatten sich wieder nur sehr wenig gedreht, etwa um 15 Grad. Nach den drey ersten Versuchen wurde das Loth wieder aufgehangen, so wie auch nach den drey letzten. — Diese Vorsicht war nicht überflüssig, denn da am Mittage die Sonne durch die Wolken brach, und die Südseite des Thurms erwärmte, so hatte sich der Thurm in der Höhe von 235 Fuss um 1 ½ Linien nach Norden übergebogen. Die vorigen Angaben sind schon von diesem Fehler befreyt.

Versuche vom 23. October.

Der Wind kam aus Südwest.

Die 1ste Kugel fiel 14,8 L. nach Westen, und 0 L. nach Süden.

Die 2te Kugel hatte beym Aufhangen einen Fehler, den ich nicht mehr ändern konnte, als ich ihn bemerkte. Der Faden war zu kurz, als dass ich ihn gerade in die Zange hätte bringen können. Er war

nach Osten übergebogen, und die Kugel fiel $3\frac{1}{2}$ Zoll nach Ost, Süd-Ost.

Die 3te Kugel fiel 8 Linien nach Osten, und 3 nach Süden.

Die 4te Kugel fiel 4,2 Linien nach Westen, und 5,6 nach Süden.

Versuche vom 26. October.

Der Wind ging aus Westen.

Die 1ste Kugel fiel 6 Linien nach Osten, 1 L. nach Norden.

Die 2te Kugel wurde loss, ehe sie abgeschnitten war und still hing. Doch fiel sie nur 10 Linien nach Westen, und 2 nach Norden. — Obschon ihre Abweichung nicht über die gewöhnliche Fehlergränze geht, so ist es doch wohl sicherer, dass man sie weglässt.

Die 3te Kugel fiel 13,5 Linien nach Osten, und 5 L. nach Süden.

Die 4te Kugel fiel 1,8 L. nach Osten, und 10,5 nach Norden.

Die 5te Kugel fiel 1,7 L. nach Osten, und 0,5 L. nach Süden.

Sie hatte eine ganz kleine Stelle vom Fallen aus der Hand auf die Bretter; dieses hatte auf ihren Fall, wie es schien, keinen Einfluss gehabt. Dies waren die letzten Versuche, die ich anstellte; es waren Kugeln, die schon einmal gefallen waren und die ich aufs neue wieder hatte abdrehen, schleifen und poliren lassen.

*) Ich liess nun noch eine Buchsbaumkugel von 1 1/2 Zoll, und eine von Ebenholz, von 2 Zoll auf dieselbe Weise wie die vorigen Metallkugeln fallen. — Die eine fiel einen Fuss nach Osten, die andere 1 1/2 Fuss nach Nordwest. Hieran war wohl zum Theil ihre Leichtigkeit, und zum Theil der Mangel an der richtigen Figur Schuld, weil eine hölzerne Kugel sich nie so schön drehen lässt, als eine von Metall.

Ich hatte nun 31 Verſuche, die in 4 verſchiedenen Monaten, an 8 verſchiedenen Tagen, und bey allen Windſtrichen angeſtellt waren. *) Es war nun weiter nichts mehr übrig, als das Mittel zu nehmen und ſo den Punkt zu beſtimmen, um den ſie herumgefallen waren. — Stand die Erde ſtill, ſo war dieſes der Lothpunkt, — bewegte ſie ſich, ſo lag er öſtlich von dieſem. — Wenn man daher alle die gleichnahmigen Abweichungen der Kugel zueinander addirte, ſo muſste die Summe nach Oſten beträchtlich gröſser werden, weil in dieſer ſich die Abweichung, die von der Umdrehung herrührte, 31mal gehäuft hatte. — Daſſelbe muſste mit der Summe der Abweichungen nach Süden der Fall ſeyn, wenn eine Urſache da war, welche die Kugel ſüdlich vom Lothe wegtrieb.

*) Einige glauben, daſs das Mittel aus ungeraden Verſuchen ſicherer wäre, als aus geraden. — Andere glauben das Gegentheil. — Wie es mir ſcheint, ſo iſt dies das *ſicherere Mittel*, welches der gröſseren Reihe zukommt. — So wird ein Mittel aus 12 ſicherer ſeyn, als eins aus 11, und eins aus 13 ſicherer, als das aus 12. — Daſs ich bey meinen Verſuchen das Mittel aus der irrationalen Zahl 31 nahm, war zufällig, — weil eine der letzten Kugeln verunglückte. Der Plan war ſonſt zu 32 Verſuchen gemacht, damit 16 links, und 16 rechts beym Umlegen der Zange eingehangen würden.

Folgende Tafel enthält die Ueberſicht aller angeſtellten Verſuche:

1802	Tag.		Nord.	Süd.	Oſt.	Weſt.
Julius	23	1	5	—	—	5
	—	2	—	5	8,5	—
	—	3	—	—	—	—
	—	4	1	—	—	—
	—	5	—	3	21,5	—
	—	6	—	—	—	6
Auguſt	14	7	—	—	16	—
	—	8	—	2,8	1,8	—
	—	9	6,8	—	5,2	—
Auguſt	16	10	—	1,7	—	10
	—	11	2,2	—	12	—
	—	12	—	0,8	—	1,5
	—	13	2	—	—	1
	17	14	4	—	—	8
	—	15	8	—	7	—
	—	16	—	9	1,5	—
Octob.	14	17	5,7	—	0,5	—
	—	18	—	17	12	—
Octob.	15	19	—	10,5	17,3	—
	—	20	—	2	7	—
	—	21	—	8	0,8	—
	—	22	—	2	17,5	—
	—	23	0,2	—	14,7	—
	—	24	—	16,7	0,2	—
Octob.	23	25	—	—	—	14,8
	—	26	—	3	8	—
	—	27	—	5,6	—	4,2
Octob.	26	28	1	—	6	—
	—	29	—	5	13,5	—
	—	30	10,5	—	1,8	—
	—	31	—	0,5	1,7	—
Summe			46,4	92,6	174,5	50,5

Süden	92, 6	Oſten	174, 5
Norden	46, 4	Weſten	50, 5
	46, 2		124, 0

Es bleibt alſo ein Ueberſchuſs von 46 Linien nach Süden, und 124 Linien nach Oſten. Vertheilt man dieſen auf 31 Verſuche, ſo iſt:

die mittlere Abweichung nach Oſten 4 Linien, und die mittlere Abweichung nach Süden 1,49 Linie oder mit einer runden Zahl 1 ½ Linie.

Ich nahm bey dieſen Verſuchen die Abweichung der Magnetnadel für Hamburg zu 21 Grad an. Die Magnetnadel, mit der ich den Mittagskreis und den Breitenkreis des Lothpunkts beſtimmte, war 2 1/2 par. Zoll lang, ſie hatte ein viereckiges Käſtchen und die gewöhnliche Sperrung. Ich unterſuchte den Parallelismus der Seiten des Käſtchens mit der Linie, die durch die beiden Nullpunkte der Theilung geht, und fand, daſs ſie einen Winkel von 2 Grad miteinander machten. Ich nahm die Abweichung meiner Nadel nun zu 23 Grad an.

Auf die Abweichung nach Oſten hat ein Fehler der Nadel faſt gar keinen Einfluſs, aber einen deſto gröſseren auf die nach Süden. Dieſe wächſst wie der Sinns des Fehlerwinkels der Nadel. Um ſicher zu ſeyn, daſs nicht noch irgend ein unbekannter Fehler im Theilungsbogen oder in der Nadel ſey, ſo verglich ich nachher noch ihre Abweichung mit der Abweichung der Nadel auf dem Düſſeldorfer Obſervatorio. Dieſe hat 8 Zoll; Sie iſt von *Brander* in Augsburg gemacht und vom verſtorbenen Abt *Hemmer* aufgeſtellt. — Ich fand ihre Abweichung 20°, 25′ und die meiner Nadel im Mittel aus drey Beſtimmungen 21,° 20′. Alſo ungefähr 1 Grad gröſser. — Ich hätte alſo in Hamburg ſtatt 23 nur 22 Grad annehmen ſollen.

Indeſs vermindert dieſer Fehler nur die wahre Abweichung nach Süden nur um 0,07 Linien, und da die Abweichung der Nadel in Hamburg vielleicht noch etwas gröſser wie 21° iſt, ſo kann man die $1\frac{1}{2}$ Linie Abweichung nach Süden ſo laſsen, da alle Verbeſſerungen doch nur in den Hunderttheilen der Linie ſind. — Man ſieht hieraus, daſs die Ungewiſsheit in der Abweichung der Nadel nur einen ſehr unbedeutenden Einfluſs auf das Mittel aus allen Verſuchen hat, da jeder Grad, um den die Abweichung der Nadel gröſser als 21 iſt, die Abweichung der Kugeln nach Süden nur um 7 Hunderttheile der Linie vermindert.

Dividirt man die Fehlergränze 18 Linien mit 31 Verſuchen, ſo gibt dieſes 0,6 Linie Ungewiſsheit. Dieſe 0,6 Linie wäre demnach die Gröſse, um die die Theorie von der Erfahrung abweichen kann. Oder mit andern Worten: ein anderer Beobachter, der zu einer anderen Zeit und mit andern Inſtrumenten dieſelben Verſuche macht, kann ſich im Maximo nur um 1,2 L. von dieſem Mittel entfernen, wenn ſeine Verſuche eben ſo genau ſind, als dieſe. *)

*) Da an einem Tage mehrere Verſuche angeſtellt wurden, ſo konnte ein conſtanter Fehler, der nur *an dieſem* Tage Statt fand, z. B. ein kleiner Luftzug, einen gröſseren Einfluſs auf das Mittel aus allen haben, als wenn ich die Verſuche an 31 verſchiedenen Tagen angeſtellt hätte. — Indeſs ſcheint dieſes doch keinen Einfluſs gehabt zu haben, weil, wenn man aus jedem einzelnen Tage das Mittel nimmt, die mittlere Abweichung von dem Reſultat aus allen 3,3 Linien iſt. Dahingegen iſt die Ungewiſsheit bey 4 Verſuchen, (die im Durchſchnitt an jedem Tage angeſtellt wurden), und bey einer Fehlergränze von 18 Linien, 4,5 Linien, und alſo noch 1,2 Linie gröſser, als die mittlere tägliche Abweichung.

Indeſs glaube ich nicht, daſs die Ungewiſsheit 0,6 Linie beträgt, weil das Mittel aus dem gröſsten und dem kleinſten Verſuch nahe daſſelbe gibt. Nämlich 3,3 L. nach Oſten, und $1\frac{1}{2}$ L. nach Süden.

Von dieſen 31 Kugeln waren alſo
21 nach Oſten gefallen
2 neutral
ferner 16 nach Süden
11 nach Norden
4 neutral.

Die Summe der Abweichungen nach Oſten betrug 124 Linien. Sie war alſo ſiebenmal gröſser, als die Fehlergränze. *)

Hieven machen nur die 3 Verſuche am 23. Octob. eine Ausnahme, deren gröſste Abweichung vom Mittel aus allen 7,7 Linien iſt, da ihre Ungewiſsheit nur 6 Linien iſt. (18:3) Will man dieſen Unterſchied von 1,7 Linien für den conſtanten Fehler des Tages nehmen, ſo gibt dieſes auf 8 Tage vertheilt eine Ungewiſsheit von 0,2 Linien. Dieſe 0,2 Linien *Ungewiſsheit des Tages* + den 0,6 Linien *Ungewiſsheit* des *einzelnen Verſuchs*, würde dann im Maximo eine Ungewiſsheit von 0,8 Linien geben.

Die 6 Verſuche vom 15. Octobr. würden, wenn etwas conſtantes darin geweſen, einen bedeutenden Einfluſs auf's Mittel gehabt haben. Allein an dieſem Tage war das Wetter, wie im Journal bemerkt iſt, ſehr ſtill und die Krümmung des Thurms, die von der Temperaturveränderung herkam, hatte auch keinen Einfluſs auf's Reſultat, weil an dieſem Tage dreymal die Senkrechte berichtigt wurde.

*) Die Theile der Linie wurden beym Meſſen in Drittel- und Viertel angegeben, und nachher auf Dezimalbrüche reduzirt. Da ich die Centeſimalen der Linie nicht mitnehmen wollte, ſo

Die Summe der Abweichungen nach Süden betrug 46 Linien, ſie war nur $2\frac{1}{2}$mal ſo groſs, als die Fehlergränze.

Nimmt man aus den 16 erſten das Mittel, ſo erhält man 0,53 Linien nach Norden, und 2,61 Linien nach Oſten. Da hingegen die 15 letzten 3,53 L. nach Süden, und 5,46 Linien nach Oſten geben.

Dieſer Unterſchied rührt aller Wahrſcheinlichkeit nach von der Lage der *Zange* her, da dieſe bey den 16 erſten Verſuchen ſich nach Süden öffnete, hingegen bey den letzten 15 nach Norden. — Das Umkehren der Zange war alſo wichtig, damit die beyden conſtanten Fehler, die daraus entſtanden, ſich gegeneinander aufheben.

Der Unterſchied in der Abweichung nach Oſten kam indeſs nicht vom Oeffnen her, welches mit dieſer Abweichung nichts zu thun hat, — da es in beyden Fällen darauf ſenkrecht geſchieht, — ſondern, wie ich glaube, vom Einhängen der Kugel, welches bey den erſten 16 Verſuchen von Weſten geſchah, und bey den letzten 15 von Oſten. — Um dieſes zu erklären, muſs ich das Einhängen mit ein paar Worten

wurde 3/4 z. B. bald zu 0,7 und bald zu 0,8 genommen. Dieſes hat ſich indeſs in der ganzen Reihe nicht völlig compenſirt, und obſchon es eine unbedeutende Kleinigkeit iſt, ſo wollte ich doch nicht unterlaſsen es hier anzuzeigen. — Addirte man die Drittel und Viertel zu einander, ſo erhielt man nicht genau 4 Linien nach Oſten, ſondern dreytauſend Theile der Linie weniger nemlich 3,997 L. — Die runden Zahlen wie 4 Linien ſind verdächtig. — Daſs es hier gerade eine runde Zahl geworden — iſt Zufall.

beſchreiben. An der Kugel war ein Faden von 2 Fuſs. Dieſen zog ich zwiſchen dem kleinen Pföſtchen durch, zwiſchen denen ſich der Hebel der Zange bewegt, und die Kugel hing dann ſenkrecht neben der noch geſchloſſenen Zange. Ich hielt dann das eine Ende des Fadens mit den Zähnen feſt, öffnete mit der linken Hand die Zange, und brachte mit der rechten das untere Ende des Fadens ſo zwiſchen die offenen Schneiden, daſs der Faden in der Mitte war, und die Kugel 3 Linien unter der Zange hing. Dieſe wurde dann geſchloſſen, und der Faden dicht über der Zange abgeſchnitten.

Der ganze Faden hing ſo lange ſenkrecht, als die Kugel noch neben den Schneiden hing; ſobald ſie aber dazwiſchen gebracht wurde, ſo wich er von der Senkrechten um die halbe Breite der Zange ab, welches etwa einen Winkel von 5 oder 6 Grad ſeyn mochte.

Wenn nun die Zange geſchloſſen und der Faden abgeſchnitten war, ſo hing die Kugel zwar völlig ſenkrecht, aber die Faſern des Fadens, welche zwiſchen den $\frac{1}{2}$ Linie dicken Schneiden der Zange ſaſsen, waren in einer Spannung, welche einen Winkel von etwa 85 Grad mit dem Horizonte machten, und zwar nach der Seite hin, von der die Kugeln eingehangen waren. — Dieſe Spannung gab alſo in den erſten 16 Verſuchen der Kugel eine Neigung nach Weſten, — und in den zweyten 15 eine eben ſo groſse Neigung nach Oſten: beyde waren einander entgegengeſetzt, und hoben ſich gegeneinander auf.

Daſs die nicht ſenkrechte Spannung der Faſern des Fadens auf den Fall der Kugel einen ſehr bedeutenden Einfluſs habe, davon hatte ich am 23. Octbr. einen auffallenden Beweis. An der zweyten Kugel war durch ein Verſehen der Faden zu früh auf die gehörige Länge abgeſchnitten. — Ich ſteckte ihn nun von unten in die *Zange*, aber das kurze Ende bog ſich, und machte in der Zange einen Winkel von etwa 45 Grad mit dem Horizont nach Oſten. Die Kugel hing übrigens 3 Linien unter den Schneiden, — ſenkrecht und ruhig. Aber dieſe ſchiefe Spannung der Faſern machte, daſs ſie $3\frac{1}{2}$ Zoll nach Oſt-Südoſt fiel.

Weil die Feder gerade in der Mitte unterm Hebelarm ſaſs, ſo war es nicht möglich, den Faden anders als an der Seite der Feder in die Höhe zu ziehen, wodurch dann die angeführte ſchiefe Spannung der Faſern entſtand. — Ich konnte meiner Zange wegen des ganz eigenen Locals nicht die *Guglielminiſche* Einrichtung geben, weil ich ſonſt von der ſehr einfachen Befeſtigung derſelben hätte abgehen müſſen, und weil bey dieſer jeder nur etwas zuſammengeſetzter Mechanismus das Einhängen der Kugel unmöglich machte.

Es war nun noch übrig, die Verſuche mit der Theorie zu vergleichen und zu ſehen, wie beyde miteinander übereinſtimmten. Als ich dieſe Verſuche im Herbſt von 1802 geſchloſſen hatte, ſchickte ich ſie gleich meinem Freunde Dr. *Olbers* nach Bremen, mit

der Bitte, ſie zu berechnen. — Die Streitigkeiten über die Theorie dieſer Verſuche ſind ſo alt, als die Verſuche ſelbſt, denn *Neuton* und *Hook* waren ſchon verſchiedener Meynung über den Weg, den eine fallende Kugel beſchrieb. — Nachher kam das Problem bey den *Guglielminiſchen* Verſuchen wieder zur Sprache, und *La Place* fand aus der Theorie der Bewegung der Erde die Abweichung nach Oſten und Süden ganz anders, als *Guglielmini* ſie aus eben dieſer Theorie gefunden hatte. — Nachher erklärte *Guglielmini*, daſs er einſehe, daſs *La Place* in der Abweichung nach Süden Recht hätte — aber ob auch in der Abweichung nach Oſten, die *La Place* zu 5 Linien, und *Guglielmini* zu 7,6 fand — das wurde nicht geſagt.

Dr. *Olbers* ſchrieb mir, daſs er für Hamburg und 235 Fuſs Fallhöhe die Abweichung nach Oſten 5,8 Linien finde, und die nach Süden 1½ Linien. Dieſe letztere ſtimmte mit meinem Verſuche bis auf ein zehntel Linie, aber die erſtere wich um 1,8 L. von den Verſuchen ab. — Dieſe 1,8 Linie machten in der Summe von 31 Verſuchen einen Unterſchied von 4½ Zoll. Dieſe Gröſse, die 3mal gröſser war, als die Fehlergränze, konnte ihren Grund nicht in veränderlichen Fehlern haben, weil, wenn auch 9 der *gröſsten* Verſuche *hintereinander* auf dieſelbe Seite gefallen wären, dieſe doch noch kein 4¼ Zoll betragen hätten, — da alle Verſuche nach Weſten nur 50 Linien betrugen. Daſs aber irgend noch eine conſtante Urſache da geweſen, die die Summe der Abweichungen nach Morgen um 4½ Zoll verringert hät-

te, — das war eben ſo wenig anzunehmen, da alle Umſtände, welche Einfluſs auf den Fall der Kugeln haben konnten, gewechſelt waren, und da die Verſuche ſelbſt in verſchiedenen Monaten, an verſchiedenen Tagen und bey entgegengeſetzten Windſtrichen gemacht waren.

Hierzu kam noch, daſs wenn *La Place* für *Bologna* und 241 Fuſs Fallhöhe wirklich nur 5 Linien Abweichung nach Oſten fand, daſs dann dieſe Abweichung in dem nördlichern Hamburg, und bey 235 Fuſs Fallhöhe nothwendig beträchtlich kleiner, wie 5 Linien ſeyn muſste.

Daſs *La Place* geſagt habe, daſs für *Bologna* die öſtliche Abweichung nur 5 Linien ſey, und daſs die Theorie keine nach Süden gebe, dieſes beruhte indeſs nur auf einer brieflichen Nachricht von *La Lande*, in der weiter keine Gründe angegeben wurden, aus welchen *La Place* dieſes geſchloſſen habe.

Da Dr. *Olbers* ſich ſchon lange vergebens bemüht hatte, durch Herrn Obr. *von Zach* nähere Nachrichten hierüber aus Paris zu erhalten, ſo ſchickte ich die Reſultate meiner Verſuche direckte an den Senator, und bat um Erläuterungen hierüber. — Hierauf erfolgte keine Antwort. Dr. *Olbers* hatte indeſs ſeine Theorie an Dr. *Gauſs* in Braunſchweig mitgetheilt. — Dieſer entwickelte das Problem auf's neue aus den allgemeinen Grundſätzen der Mechanik, und fand, daſs die Theorie keine Abweichung nach Süden gebe, und nur 3,95 Linien nach Oſten. —

Dieſes Letztere ſtimmte nun mit meinen Verſuchen bis auf ein paar Hunderttheile der Linie, — aber nun ſtimmte die Abweichung nach Süden wieder nicht.

Ueber die Urſache der Verſchiedenheit der Theorieen von Dr. *Olbers* und Dr. *Gauſs* ſchrieb mir letzterer folgendes:

Braunſchweig, den 2ten Febr. 1803.

— — — In der Theorie unſres Freundes *Olbers* iſt eine Vorausſetzung, die mir nicht zuläſſig ſcheint. Nehmlich: *daſs der Körper während des Falls in einer Ebene bleibe.* Allein dieſes darf man, meiner Meynung nach, *nicht* vorausſetzen, wenn man den Widerſtand der Luft in Betracht zieht, den man hier *nothwendig* in Betracht ziehen muſs, weil die geſchloſſene Abweichung nach Süden lediglich darauf beruht. Eine leichte Betrachtung zeigt nehmlich folgendes: die Ebene (*A*), in welcher der Körper ſich urſprünglich zu bewegen anfängt, geht durch den Mittelpunkt der Erde, (oder allgemeiner, der Attraktion) und ſteht auf derjenigen Ebene (*B*) ſenkrecht, in der der Meridian des Beobachtungsorts beym Anfang des Falls war. Allein man ſieht leicht, daſs die Lufttheile an allen Stellen der Ebene *A* ſchief dadurch gehen, bloſs die gerade Linie ausgenommen, wo *A* von *B* geſchnitten wird. Die Luft wirkt daher dem Körper nicht in dieſer Ebene *A* entgegen, ſondern treibt ihn daraus weg nach Norden, und es ſchien mir, daſs der Effekt davon gerade ſo groſs ſeyn würde, daſs er die aus der Verſpätung des Falls geſchloſſene Abweichung nach Süden aufhöbe.

Nachdem ich durch Ihren letzten Brief veranlaſst war, auf's neue an dieſe Materie zu denken, betrachtete ich in einer müſsigen halben Stunde die Sache auf eine ganz verſchiedene Art, und entwickelte die analytiſchen Gleichungen, die die relative Bewegung des Körpers gegen die bewegte Erdoberfläche in ſich faſſen, aus den erſten Fundamentalſätzen der Dynamik, und hier fand ich zu meiner Verwunderung

1) die Abweichung nach Süden wiederum o oder ganz unvermerklich:

2) die Abweichung nach Oſten nur $\frac{2}{3}$ von dem, was Dr. *Olbers* gefunden hat. Nämlich in Dr. *Olbers* Zeichen, wenn man den Widerſtand der Luft vernachläſsigt,

$$= \frac{\frac{4}{3}\pi \cos\psi.\, a\, t}{86164}$$

oder wenn man ihn mit in Betrachtung zieht, nach einer hier zureichenden Näherung

$$= \frac{\frac{4}{3}\pi \cos\psi.\, t}{86164} \left\{ \tfrac{3}{5}\, a + \tfrac{2}{5}\, a' \right\}$$

wo *a* die Höhe iſt, durch die der Körper in der Zeit *t* im leeren Raume fallen würde, alſo $= + + g'$.

Hiernach finde ich für Ihre Verſuche, indem ich die Pendellänge für Hamburg = 440,75 Linien (woraus g' faſt eben ſo kommt, wie Dr. *Olbers* es annimmt) *die Abweichung nach Oſten* 3,951 *pariſer Linien;* welches ſehr genau mit Ihren Verſuchen

übereinſtimmte, — da hingegen die Abweichung nach Süden nicht zu meinen Reſultaten paſst.

Dieſe Verſchiedenheit in Anſehung der Abweichung nach Oſten — veranlaſste mich, Dr. *Olbers* Schlüſse darüber aufmerkſamer durchzugehen, und die Urſache davon nachzuſpühren. Wie mir ſcheint, liegt ſie darin, daſs Dr. *Olbers* die wirkliche Bewegung des Körpers gegen Oſten *bloſs* aus ſeiner tangentiellen urſprünglichen Geſchwindigkeit ableitet, und von der daraus entſpringenden Bewegung die gleichzeitige Bewegung des Fuſses des Thurms abzieht, um die ſcheinbare Bewegung nach Oſten zu haben. — Allein wenn die Fläche des Papiers (*Fig.* 10. *Taf. VII.*) die obige Ebene *A* vorſtellt, *C* den Mittelpunkt der Erde, *m M* die wirkliche Bewegung des Körpers: ſo darf man, meiner Meynung nach, nicht auſſer Acht laſsen, daſs ſelbſt die Anziehung nach *C* während die Bewegung nicht mit *m c* parallel iſt, und eben daher die Geſchwindigkeit nach Oſten wirklich vermindert wird, daher der Körper, wenn er in *M* anlangt, nicht ſo weit nach Oſten gekommen iſt, als er mit der urſprünglichen Geſchwindigkeit gekommen ſeyn würde. Nach darüber geführter Rechnung finde ich auch, daſs durch dieſe Betrachtung die ſcheinbare Bewegung nach Oſten wirklich um den dritten Theil vermindert wird.»

Ich hatte um dieſe Zeit an Dr. *Olbers* die Schriften von *Guglielmini* nebſt ſeinen Brief vom 23. Dec. geſchickt, und ihm die Urſachen geſchrieben, welche nach Dr. *Gauſs* die Abweichung nach Oſten verringern. —

Hierauf antwortete er mir unterm 18. Febr. folgendes: — — — „Hier den interessanten Brief von *Guglielmini* zurück. Ueberzeugt hat mich die von ihm angegebene Ursache, warum keine südliche Abweichung da seyn soll, *durchaus nicht.* Gewiss kann *die tägliche conische Bewegung der Luft* die Abweichung nach Süden nicht aufheben. — Seine Werke habe ich zu meiner Freude erhalten. Danken Sie dem Verfasser in meinem Namen für das mir schätzbare Geschenk.»

„Auf Dr. *Gauss* Rechnung und Analyse bin ich neugierig. Noch hat er mir sie nicht geschickt. Seine Autorität ist bey mir gross. Aber dass der Umstand, den Sie aus seinem Briefe erwähnen, die östliche Abweichung um $\frac{1}{3}$ verringern sollte? — das will mir so nicht einleuchten. Vielleicht werden mich seine Rechnungen überzeugen. Aber bis dahin muss ich Ihnen gestehen, halte ich noch immer die Theorie, die ich Ihnen geschickt habe, für wahr.»

Darauf erhielt ich folgenden Brief von Dr. *Gauss.*

Braunschweig den 8. März 1803.

— — — — An unsern Freund *Olbers* habe ich vor acht Tagen einen kleinen Aufsatz über die Abweichung fallender Körper eingesandt. Heute erhalte ich darauf die Antwort:

1) die Abweichung nach Osten sey nur $\frac{2}{3}$ von der, die er berechnet hätte:

2) dass er meinen Schlüssen, dass die Abweichung nach Süden = 0 sey, nichts entgegenzusetzen habe,

aber zu wiſſen wünſche, *worin* eigentlich *ſein* Raiſonnement fehlerhaft ſey.

Ich bemerke hiebey noch folgendes:

Vorausgeſetzt, daſs meine Schlüſse in Anſehung der Abweichung nach Süden gewiſs ſind, ſo ſcheint mir der Grund von der von Dr. *Olbers* herausgebrachten Abweichung noch immer darin zu liegen, daſs er, vorausſetzt, der Körper *bleibe* auch bey widerſtehender Luft in der auf den Meridian ſenkrechten, und durch den Mittelpunkt der Erde gehenden Ebene. Es ſcheint mir, daſs dieſe Vorausſetzung nothwendig gerechtfertigt werden müſse, aber ich zweifle, ob ſie ſich rechtfertigen laſſe. Die kegelförmige Bewegung der Luft macht, daſs die Lufttheile, worin der Körper iſt, ſobald die Erde aus ihrer erſten Lage gekommen, in einem Winkel durch eine Ebene gehen, den man nicht vernachläſsigen darf, und wodurch es geſchieht, daſs der Körper, dem die Luft nicht in der Richtung dieſer Ebene widerſteht, aus der Ebene gegen Norden heraustritt: und ich bin noch immer der Meynung, daſs ſie aus der Verzögerung dadurch vollkommen compenſirt wird. Es iſt mir auch wahrſcheinlich, daſs *Guglielmini* eben dieſs hat ſagen wollen, und daſs er nur deſswegen *Olbers* Beyfall nicht erhalten hat, weil er ſich nicht beſtimmt genug erklärt. Ich hoffe indeſs zuverſichtlich, daſs entweder ich mit Dr. *Olbers*, oder Dr. *Olbers* mit mir vollkommen zu einerley Ueberzeugung kommen werden.» — — —

Unter demſelben Dato erhielt ich von meinem Freunde *Olbers* ein Schreiben, folgenden Inhalts:

Bremen den 8. März 1803.

„Meine Theorie iſt irrig, und die öſtliche Abweichung nur $\frac{2}{3}$ von der, welche ich berechnet hatte. Ich hielt es durchaus für erlaubt, die Richtungen der Schwere, während des Falls der Kugel, als einander parallel anzuſehen, um ſo mehr, da dieſe Richtungen bey Ihren Verſuchen nie einen gröſsern Winkel als von einer Minute miteinander machen, und ſah den Einfluſs dieſer ſo kleinen Neigung für ganz unbedeutend an. Etwas mehr Aufmerkſamkeit hätte mich überzeugen können, daſs man dieſe Neigung nicht vernachläſsigen darf. In *Fig.* 11. *Taf. VII.* ſey in der Ebene durch den Mittelpunkt der Erde C auf den Meridian des Orts M ſenkrecht, $CM = r$. $Mm = a$. Ein Körper bewegt ſich von M aus, mit der tangentiellen Geſchwindigkeit $\frac{(r+a)\,2\,\pi.\,cos.\,\psi.}{T}$ nach Oſten.

In der Zeit $+$ würde er damit in e gekommen ſeyn, wenn er während der Zeit nicht durch die Schwerkraft angezogen wäre. Iſt nun eF mit MC parallel, ſo traf nach meinen Vorausſetzungen der fallende Körper die Oberfläche der Erde in F, und EF wäre dann die Abweichung nach Oſten.

Allein wenn er von e aus auf einmal durch die Schwerkraft herunterfiel, ſo würde er die Oberfläche der Erde nicht in F, ſondern in E treffen, und es

würde dann gar keine Abweichung nach Often Statt finden, weil der Ort M auch in E gekommen ift. (Immer angenommen, dafs die Winkel mCe, MCE fo klein find, dafs man Bogen und Tangente mit einander verwechfeln darf.) Da er aber nicht auf einmal von e herunterfällt, fondern gleich von M an zu fallen angefangen hat, fo wird er die Oberfläche der Erde weder in E noch in F, fondern zwifchen diefen beyden Punkten in G treffen, und die öftliche Abweichung ift nicht EF, fondern EG.

Es läfst fich nach diefer richtigern Vorftellung dann auch leicht beweifen, dafs $EG = \frac{2}{3} EF$ fey. Sehen Sie hier eine leichte Analyfe, ohne höhere Differentiale zu gebrauchen.

Wenn der Körper bis in H gekommen ift, fey $m'H = x$; feine Gefchwindigkeit nach der Richtung $m'H = w$; nach der Richtung $HC = v$. Ift nun g die Schwerkraft, fo ift

$$dv = g\,dt$$

folglich

$$dw = -\frac{gx}{r}\,dt = -\frac{gx\,dx}{rw}$$

indem wir $HC = MC = r$ fagen können, oder $\frac{g}{HC}$ für beftändig anfehen.

Alfo ift

$$w^2 = A^2 - \frac{gx^2}{r}$$

für $x = o$ ſoll nehmlich die anfängliche Geſchwindigkeit des Körpers nach der Richtung $m\,e$ oder $m'\,t$ = $A = \frac{(r+a)\,cos.\,\varphi\,2\,\pi}{T}$ ſeyn. Weil nun $d\,x = w\,dt$

ſo hat man

$$\frac{dx}{r\left(1-\frac{gx^2}{rA^2}\right)} = A\,dt$$

Anſtatt hier linker Hand das Integral durch eine Kreisfunktion zu nehmen, die doch wieder in eine Reihe aufgelöſst werden müſste, nehme ich gleich die beyden erſten Glieder der Reihe

$$\frac{1}{r\left(1-\frac{gx^2}{rA^2}\right)} = 1 + \frac{gx^2}{2rA^2}\ldots\ldots\ldots\ldots$$

und hebe alſo unmittelbar

$$At = x + \tfrac{1}{6}\,\frac{gx^3}{rA^2}\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Da man ſich nun leicht überzeugen kann, daſs das zweyte Glied rechter Hand ſehr klein iſt, ſo iſt es erlaubt, in dieſes für x^3, $A^3\,t^3$ zu ſetzen, und ſo iſt

$$x = At - \tfrac{1}{6}\,\frac{g\,A\,t^3}{r}$$

Es iſt aber $A = \frac{2\,\pi\,(r+a)\,cos.\,\varphi}{T}$

$$g\,t^2 = 2\,a$$

und ohne merklichen Fehler

$$\frac{r+a}{r} = 1$$

Demnach wird $x = \frac{2\pi(r+a)\cos.\varphi t}{T} - \frac{2\pi a \cos.\varphi t}{3T}$

Da nun der Ort *M* in der Zeir *t* nach Osten gerückt ist, um $\frac{2\pi.\overset{r}{t}.\cos.\varphi.t.}{T}$

so ist die östliche Abweichung des gefallenen Körpers vom Orte $M = \frac{2\pi a \cos.\varphi t}{T} - \frac{2\pi \cos.\varphi a t}{3T}$

$= \frac{4\pi a \cos.\varphi t}{3T}$.

folglich nur $\frac{2}{3}$ von derjenigen, die ich, ohne auf die verschiedene Richtung der Schwere Rücksicht zu nehmen, berechnet hatte.

Ich lege Ihnen hier den schönen Auffatz von *Gauss* bey, den ich mir aber höchstens in 8 Tagen zurück erbitte. — *Gauss* findet die Abweichung nach Süden = 0. Ich weiss freylich seinen Schlüssen nichts entgegenzusetzen, aber ich muss diese doch noch erst mehr studiren, um zur völligen Ueberzeugung zu kommen.»

— — — — —

In einem spätern Briefe schrieb mir Dr. *Olbers*, dass er sich völlig überzeugt habe, dass keine Abweichung nach Süden nach der Theorie statt finde, und auch selbst dann nicht, wenn die Luft noch einem anderen Gesetz der Kugel widerstehe, als das dem Quadrat der Geschwindigkeit.

Die näheren Untersuchungen hierüber, theilte mir Dr. *Olbers* in einem Schreiben vom 5. Octbr. 1803 mit, welches ich im folgenden Abschnitt mit Erlaubniss des Verfassers habe abdrucken lassen.

So gab dann die Theorie für diese Versuche 3,95 Linien Abweichung nach Osten; die Versuche selber 3,99 Linien.

Bey der Abweichung nach Süden waren *La Place*, *Gauſs* und *Olbers* darüber einig, daſs nach der Theorie keine Statt finden könne, — da hingegen das Mittel aus 31 Versuchen, die an 8 verschiedenen Tagen bey allen Windstrichen, und bey sorgfältiger Vermeidung alles dessen, was einen constanten Einfluſs haben konnte, angestellt waren, eine Abweichung von $1\frac{1}{2}$ Linien nach Süden gegen die Theorie gab. —

Von der einen Seite stehen drey berühmte Namen, und von der andern Seite Versuche, deren wahrscheinliche Ungewiſsheit im Maximo nur 0,8 Linien betrug, und die die Abweichung nach Osten bis auf $\frac{1}{10}$ Linien genau gegeben hatten.

Die Summe der Abweichungen nach Norden gab 46 Linien. Es war zu vermuthen, daſs die Summe der Abweichungen nach Süden eben so viel — völlig 10 Linien mehr oder weniger — betragen würde. Aber statt 46 Linien betrug sie 92.

Es ist daher entweder in der Theorie noch irgend ein Umstand übersehen, der eine Abweichung nach Süden macht, oder aber es ist bey den Versuchen noch eine unbekannte Lokalursache gewesen, die den Kugeln eine constante Richtung nach Süden gab, deren Summe 46 Linien betrug.

So wie die Sachen jezt stehen, läſst sich über die Abweichung nach Süden nichts mit Sicherheit sagen, bis man eine neue Reihe von Versuchen von einem andern

Orte hat, die ſich dann entweder für die Theorie oder für die Verſuche in St. Michael erklären werden.

Sobald es durch Theorie und Erfahrung ausgemacht iſt, daſs keine Abweichung nach Süden Statt findet: ſo verlieren die Verſuche in St. Michael ſehr an ihrem Werthe.

Denn wenn eine falſche Abweichung nach Süden von 1½ Linie Statt finden konnte, ohne daſs man einen Grund davon anzugeben weiſs, ſo kann der Ptolomäiker ſagen:

„Die groſse Uebereinſtimmung der Verſuche mit der Theorie in Hinſicht der Abweichung nach Oſten iſt vielleicht nur zufällig, und dieſelbe unbekannte Localurſache, welche die Kugeln gegen die Theorie um 1½ Linie nach Süden getrieben hat, kann ſie vielleicht auch um 4 Linien nach Oſten getrieben haben.“

Sonderbar iſt es indeſs, daſs die Verſuche von Dr. *Hook* in London, ferner die 16 vom Jahr 1791 in Bologna, und endlich die 31 Verſuche in Hamburg, alle nach Süden abweichen. Aber nichts deſto weniger können ſie alle fehlerhaft ſeyn, wie dieſes von den drey erſten ſo gut als ausgemacht iſt. Aber ſonderbar bleibt doch immer dieſe Tendenz der Fehler nach Süden.

Alle dieſe Verſuche ſind in Thürmen angeſtellt. Sollte vielleicht in dieſen etwas liegen, was eine Abweichung nach Süden veranlaſst? — Es würde ſehr gut ſeyn, wenn dieſe Verſuche einmal an anderen Orten, als in Thürmen angeſtellt würden. Dieſes könnte aber nur in Bergwerken geſchehen, weil man nur in dieſen und in Thürmen groſse Fallhöhen hat.

Einen beſondern Vorzug würden die Bergwerke

vor den Thürmen ſchon dadurch haben, daſs die Schächte feſt und unbeweglich in der Erde ſtehen, und keine Schwingungen und Dröhnungen haben, wie die Thürme und alle andere hohe Gebäude, ſie mögen übrigens ſo feſt ſeyn, als ſie wollen. Hatte doch ſelbſt der alte gothiſche Thurm Aſinelli dieſes in einem ſolchen Grade, daſs *Guglielmini* einmal eine ganze Nacht vergebens mit ſeinen Gehülfen im Thurme zubrachte, ohne daſs ihm ein Verſuch gelang.

Siebenter Abſchnitt.

Fundamentalgleichungen für die Bewegung ſchwerer Körper auf der rotirenden Erde: von Dr. *Gauſs* in Braunſchweig. — Schreiben von Dr. *Olbers* in Bremen, über die Abweichung fallender Körper vom Loth wegen der Rotation der Erde. — Auszug aus einem Briefe vom Profeſſor *Guglielmini* über denſelben Gegenſtand. Bologna, den 23. März 1803. — *Mémoire ſur le mouvement d'un corps qui tombe d'une grande hauteur: par le C. La Place.* Aus dem *Bulletin des ſciences. Prairial, an* 11 *de la République.*

Siebenter Abſchnitt.

Fundamentalgleichungen für die Bewegung ſchwerer Körper auf der rotirenden Erde von Gauſs.

Die Lage eines Punkts wird auf eine doppelte Art beſtimmt.

Erſtens durch ſeine ſenkrechten Abſtände X, Y, Z von drey auf einander ſenkrechten feſten Ebnen. Den gemeinſchaftlichen Durchſchnittspunkt dieſer Ebne, C, ſetzen wir in einen beliebigen Punkt der Erdaxe; die Ebne der Z legen wir dem Aequator parallel; die Ebene der Y in denjenigen Meridian, worin ſich der anfängliche Ort des Körpers befindet; endlich die Ebne der X in den auf den vorigen ſenkrechten Meridian. Die Z ſind poſitiv auf der Nordſeite; die X auf der Seite des anfänglichen Orts des Körpers, die Y auf derjenigen Seite, wohin dieſer anfängliche Ort durch die Rotation geführt wird.

Zweitens durch die ſenkrechten Abſtände x, y, z, von drey auf einander ſenkrechten beweglichen

d. i. gegen die Erde ruhenden und mit ihr rotirenden Ebnen. Am ſchicklichſten ſetzen wir den gemeinſchaftlichen Durchſchnittspunkt derſelben in den anfänglichen Ort des Körpers. Die Ebne der z ſetzen wir Senkrecht auf die ſcheinbare Richtung der Schwere; die der y in den Meridian: dadurch iſt die auf beyde ſenkrechte der z von ſelbſt beſtimmt, Pole dieſer drey Ebnen ſind alſo reſp. das ſcheinbare Zenith, der Oſtpunkt, der Südpunkt, und dieſe Pole ſollen zugleich diejenigen Seiten der Ebnen bezeichnen, wo die Abſtände z, y, x poſitiv genommen werden.

Es ſey jetzt für den Punkt C, $x = a$, $(y = o)$, $z = -c$; ferner die (ſcheinbare, nördliche) Polhöhe des Beobachtungsorts φ, und der Winkel, um den ſich die Erde nach der Zeit t gegen Oſten bewegt hat θ. Unter dieſen Vorausſetzungen ergeben ſich leicht folgende Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} x &= X \sin\varphi \cos\theta + Y \sin\varphi \,\text{in}\, \theta - Z \cos\varphi + a \\ y &= -X \sin\theta + Y \cos\theta \\ z &= X \cos\varphi \cos\theta + Y \cos\varphi \sin\theta + Z \sin\varphi - c \end{aligned}\right\} [1]$$

$$\left.\begin{aligned} X &= (x-a) \sin\varphi \cos\theta - y \sin\theta + (z+c) \cos\varphi \cos\theta \\ Y &= (x-a) \sin\varphi \sin\theta + y \cos\theta + (z+c) \cos\varphi \sin\theta \\ Z &= -(x-a) \cos\varphi + (z+c) \sin\varphi \end{aligned}\right\} [2]$$

Die Koordinaten X, Y, Z laſſen ſich einerſeits als Funktionen von t allein, anderſeits aber auch als Funktionen der vier veränderlichen Gröſsen θ, x, y, z betrachten, und haben alſo in letzter Hinſicht vier partielle Differentiale. Es iſt demnach

$$dX = \left(\frac{dX}{dt}\right)dt = \left(\frac{dX}{d\theta}\right)d\theta + \left(\frac{dX}{dx}\right)dx + \left(\frac{dY}{dy}\right)dy + \left(\frac{dZ}{dz}\right)dz,\ dY = \text{etc.}$$

Die Geſchwindigkeit des Körpers zerlegt ſich, wie ſeine Bewegung, in drey partielle auf die Ebnen der X, Y, Z ſenkrechte Geſchwindigkeiten, die mithin $\left(\frac{dX}{dt}\right), \left(\frac{dY}{dt}\right), \left(\frac{dZ}{dt}\right)$ ſind. Die Geſchwindigkeiten des Luftelements hingegen, in welchem er ſich jedesmal befindet, in Beziehung auf dieſelben Ebnen ſind offenbar $\left(\frac{dX}{d\theta}\right)d\theta, \left(\frac{dY}{d\theta}\right)d\theta \left(\frac{dZ}{d\theta}\right)d\theta$.

Folglich die relativen Geſchwindigkeiten des Körpers nach dieſen drey Richtungen

$$\frac{(dX)}{(dx)}\frac{dx}{dt} + \frac{(dX)}{(dy)}\frac{dy}{dt} + \frac{(dX)}{(dz)}\frac{dz}{dt} = \xi = \sin\varphi\cos\theta\frac{dx}{dt} - \sin\theta\frac{dy}{dt} - \cos\varphi\cos\theta\frac{dz}{dt}$$

$$\frac{(dY)}{(dx)}\frac{dx}{dt} + \frac{(dY)}{(dy)}\frac{dy}{dt} + \frac{(dY)}{(dz)}\frac{dz}{dt} = \eta = \sin\varphi\sin\theta\frac{dx}{dt} + \cos\theta\frac{dy}{dt} + \cos\varphi\sin\theta\frac{dz}{dt}$$

$$\frac{(dZ)}{(dx)}\frac{dx}{dt} + \frac{(dZ)}{(dy)}\frac{dy}{dt} + \frac{(dZ)}{(dz)}\frac{dz}{dt} = \zeta = -\cos\varphi\frac{dx}{dt} + \sin\varphi\frac{dz}{dt}$$

Die totale relative Geſchwindigkeit iſt folglich $= \surd(\xi\xi + \eta\eta + \zeta\zeta) = u$, welches, wie die Entwickelung aus obigen Werthen leicht zeigt, $= \surd\left(\frac{dx^2}{dt^2} + \frac{dy^2}{dt^2} + \frac{dz^2}{dt^2}\right)$ wird. Der Widerſtand der

Luft ist dem Quadrate davon proportional, wir setzen ihn daher $= Muu$, und zerlegen ihn nach obigen drey Richtuugen in $Mu\xi$, $Mu\eta$, $Mu\zeta$.

Wir sehen hier die Erde als ein Revolutions-Sphäroid an; die Richtung der Schwere geht daher durch die Erdaxe. Der Punkt, wo sie diese schneidet, liege um q über C, oder es sey für denselben $Z = q$.

Setzt man nun ferner die Stärke der Gravitation $=$ p, $XX + YY + (Z - q)^2 = rr$, so ist, nach den Grundsätzen der Dynamik

$$\left.\begin{aligned} o &= \frac{ddX}{dt^2} + \frac{pX}{r} + Mu\xi \\ o &= \frac{ddY}{dt^2} + \frac{pY}{r} + Mu\eta \\ o &= \frac{ddZ}{dt^2} + \frac{p(Z-q)}{r} + Mu\zeta \end{aligned}\right\} \ldots [3]$$

Aus obigen Werthen von X, Y, Z in [2] findet man, wenn man für $\frac{d\theta}{dt}$, welches beständig ist, n schreibt, folgende Gleichungen [4]

$$\frac{ddX}{dt^2} = \sin\varphi\cos\theta\,\frac{ddx}{dt^2} - \sin\theta\,\frac{ddy}{dt^2} + \cos\varphi\cos\theta\,\frac{ddz}{dt^2} -$$
$$2n\sin\varphi\sin\theta\,\frac{dx}{dt} - 2n\cos\theta\,\frac{dy}{dt} - 2n\cos\varphi\sin\theta\,\frac{dz}{dt} - nnX$$

$$\frac{ddY}{dt^2} = \sin\varphi\sin\theta\,\frac{ddx}{dt^2} + \cos\theta\,\frac{ddy}{dt^2} + \cos\varphi\sin\theta\,\frac{ddz}{dt^2}$$
$$+ 2n\sin\varphi\cos\theta\,\frac{dx}{dt} - 2n\sin\theta\,\frac{dy}{dt} + 2n\cos\varphi\cos\theta\,\frac{dz}{dt} - nnY$$

$$\frac{ddz}{dt^2} = -\cos\varphi \frac{ddx}{dt^2} + \sin\varphi \frac{ddz}{dt^2}$$

Multiplizirt man die drey Gleichungen [3] respect. mit sin φ cos θ, sin φ cos θ, — cos φ und addirt die Producte; multiplicirt man zweytens eben diese Gleichungen mit — sin θ, cos θ, o; und drittens mit cos φ cos θ, cos φ sin θ, sin φ und addirt beydemahle die Producte: so erhält man, nachdem man statt $\frac{ddX}{dt^2}$ $\frac{ddY}{dt^2}$, $\frac{ddZ}{dt^2}$ ihre Werthe aus [4], statt X, Y, Z die aus [2], und statt ξ, η, ζ die ihrigen substituirt hat, folgende drey neue:

$$o = \frac{ddx}{dt^2} - 2n\sin\varphi\frac{dy}{dt} + (x-a)\left(\frac{P}{r} - nn\right) + \cos\varphi\left(\frac{pq}{r} - nnZ\right) + Mu\left(\frac{dx}{dt}\right)$$

$$o = \frac{ddy}{dt^2} + 2n\sin\varphi\frac{dx}{dt} + 2n\cos\varphi\frac{dz}{dt} + y\left(\frac{P}{r} - nn\right) + Mu\,\frac{dy}{dt}$$

$$o = \frac{ddz}{dt^2} - 2n\cos\varphi\frac{dy}{dt} + (z+c)\left(\frac{P}{r} - nn\right) + \sin\varphi\left(\frac{pq}{r} - nnZ\right) + Mu\,\frac{dz}{dt}$$

Ist also der Körper gegen die Erde in Ruhe, oder dx = dy = dz = o, so scheint er senkrecht auf die Ebnen der x, y, z von den Kräften

$$(x-a)\left(\frac{p}{r}-nn\right)+\cos\varphi\left(\frac{pq}{r}-nnZ\right)$$

$$y\left(\frac{p}{r}-nn\right)$$

$$(z+c)\left(\frac{p}{r}-nn\right)+\sin\varphi\left(\frac{pq}{r}-nnZ\right)$$

ſollicitirt zu werden. Ein ſchon in Bewegung begriffener Körper hingegen wird anders afficirt. Denn auſſer dem Widerſtande der Luft, der den Körper nach dieſen Richtungen wie Kräfte, deren Maaſs $Mu\frac{dx}{dt}$, $Mu\frac{dy}{dt}$, $Mu\frac{dz}{dt}$ iſt, treibt und folglich auf der rotirenden Erde völlig eben ſo wirkt, als er auf der ruhenden wirken wurde, kommen nach jenen Richtungen noch die drey Kräfte $-2n\sin\varphi\frac{dy}{dt}$, $2n\sin\varphi\frac{dx}{dt}+2n\cos\varphi\frac{dz}{dt}$, $-2n\cos\varphi\frac{dy}{dt}$ hinzu, und dieſe ſind es allein, wodurch die Rotation der Erde an fallenden Körpern ſichtbar wird. Die bisherigen Schlüſſe und Folgerungen ſind ſtreng und allgemein richtig.

Bey Verſuchen, die in dieſer Hinſicht angeſtellt werden, geſchieht allemal die Bewegung des Körpers in einem ſo kleinen Raume, daſs man die Stärke der auf ruhende Körper wirkenden ſcheinbaren Schwere innerhalb deſſelben, als unveränderlich $= g$, und ihre Richtung als immer parallel, alſo ſenkrecht auf die Ebne der z annehmen kann. Es wird alſo ohne Bedenken erlaubt ſeyn, ſtatt der obigen drey Gröſsen

$$(x-a)\left(\frac{p}{r}-nn\right)+\cos\varphi\left(\frac{pq}{r}-nn\,Z\right)$$

$$y\left(\frac{p}{r}-nn\right)$$

$$(z+c)\left(\frac{p}{r}-nn\right)+\sin\varphi\left(\frac{pq}{r}-nn\,Z\right)$$

respective o, o, g zu substituiren. Dadurch werden die drey Fundamentalgleichungen

$$o=\frac{ddx}{dt^2}-2n\sin\varphi\frac{dy}{dt}+Mu\frac{dx}{dt}$$

$$o=\frac{ddy}{dt^2}+2n\sin\varphi\frac{dx}{dt}+2n\cos\varphi\frac{dz}{dt}+Mu\frac{dy}{dt}$$

$$o=\frac{ddz}{dt^2}-2n\cos\varphi\frac{dy}{dt}+g+Mu\frac{dz}{dt}$$

Die Integration dieser Gleichungen ist leicht, wenn man den Widerstand der Luft vernachläfsigt, oder M = o setzt. Man findet nämlich

$$x=\mathfrak{A}-\mathfrak{D}\cos\varphi.t+\mathfrak{E}\frac{\sin\varphi}{2n}\cos(2nt+\mathfrak{F})+\tfrac{1}{2}\sin\varphi\cos\varphi.\,gtt$$

$$y=\mathfrak{B}-\frac{\mathfrak{E}}{2n}\sin(2nt+\mathfrak{F})+\frac{\cos\varphi.gt}{2n}$$

$$z=\mathfrak{C}+\mathfrak{D}\sin\varphi.t+\mathfrak{E}\frac{\cos\varphi}{2n}\cos(2nt+\mathfrak{F})-\tfrac{1}{2}\sin\varphi gtt$$

Auch ist es leicht, folgende Werthe der arbiträren Gröfsen zu entwickeln, wenn man voraussetzt, dafs

der Körper anfänglich gar keine ſcheinbare Geſchwindigkeit hat:

$$\mathfrak{A} = -\frac{g\cos\varphi\sin\varphi}{4nn},\quad \mathfrak{B} = 0,\quad \mathfrak{C} = -\frac{g\cos\varphi^2}{4nn},$$

$$\mathfrak{D} = 0,\quad \mathfrak{E} = \frac{g\cos\varphi}{24},\quad \mathfrak{F} = 0.$$

Alſo

$$x = \frac{g\cos\varphi\sin\varphi}{2n}\left(ntt - \frac{1}{2n} + \frac{\cos 2nt}{2n}\right)$$

$$y = \frac{g\cos\varphi}{2n}\left(t - \frac{\sin 2nt}{2n}\right)$$

$$z = -\tfrac{1}{2}\,gtt + \frac{g\cos\varphi^2}{2n}\left(ntt - \frac{1}{2n} + \frac{\cos 2nt}{2n}\right)$$

Dieſe Integration iſt freylich nicht allgemein zuläſſig, da obige Vorausſetzung nur in ſo fern erlaubt iſt, als der Körper ſich von ſeinem anfänglichen ſcheinbaren Orte nicht weit entfernt. Für dieſen Fall aber können wir die trigonometriſchen Funktionen in Reihen auflöſen, und ſo wird

$$x = \tfrac{1}{6}\cos\varphi\sin\varphi.\ gn^2t^4 \ldots$$
$$y = \tfrac{1}{3}\cos\varphi.\ gnt^3 \ldots$$
$$z = \tfrac{1}{2}\,gtt + \tfrac{1}{6}\cos\varphi^2\ gn^2t^4 \ldots$$

Da die Zeit des Falls nur wenige Sekunden, alſo nt höchſtens einige Raumminuten beträgt, und (weil Radius $= 1$) $1' = \frac{1}{3438}$, ſo wird x und der zweyte Theil von z ganz unmerklich, alſo $y = -\tfrac{2}{3}z\cos\varphi\, nt$. Bey Dr. Benzenbergs Verſuche im Michaelisthurm war

$z = - 235$ Fuſs, $\varphi = 53°33'$, $t = 4''$ Sonnenzeit, alſo $nt = \frac{366}{365}$ Raumminuten. Hieraus wird $y = 3{,}91$ Linien.

Wenn man bey der Integration obiger Gleichungen den Widerſtand der Luft mit in Betrachtung ziehen will, ſo wird man ſich mit Näherungen begnügen müſſen; die Entwickelung der Werthe von x, y, z in Reihen nach den Potenzen von n und M iſt alsdann ſehr leicht. Das höchſte Glied von x wird wie vorhin $= \frac{1}{6} \cos\varphi \sin\varphi . gnnt^4$, und iſt alſo von gar keiner Bedeutung; für y und z findet man mit Vernachläſſigung der Quadrate und höhern Potenzen von n und M folgende Werthe:

$$y = \tfrac{1}{3} \cos\varphi . gnt^3 - \tfrac{1}{12} \cos\varphi . Mggnt^5$$
$$z = - \tfrac{1}{2} gtt + \tfrac{1}{12} Mggt^4.$$

Setzen wir alſo — z den wirklichen Fall $= f$; $\frac{1}{2} gtt$ oder den Fall im luftleeren Raume $= f + \delta$, ſo iſt

$$y = \tfrac{2}{3} \cos\varphi . nt (f + \delta) - \cos\varphi . nt\delta = \tfrac{2}{3} \cos\varphi . nt (f - \tfrac{1}{2}\delta).$$

Für die Verſuche in St. Michael, wo $f + \delta = 241{,}47$ Fuſs war, erhalten wir daher die Abweichung nach Oſten $y = 3{,}86$ Linien.

Schreiben von Dr. Olbers in Bremen über die Abweichung fallender Körper vom Loth wegen der Rotation der Erde.

Sie verlangen, liebster Freund! dass ich Ihnen nochmal die Theorie der Abweichung fallender Kugeln von der scheinbaren Verticallinie wegen der Rotation der Erde vorlegen soll, da ich meinen Aufsatz über diesen Gegenstand, als fehlerhaft, von Ihnen wieder zurückgefordert habe. In der That war ich in denselben Irrthum gefallen, den auch *Guglielmini* anfangs begangen hat. Ich fand durch meine Fehlschlüsse eine südliche Abweichung grade so gross, wie Ihre und *Guglielminis* Versuche sie gaben, die aber nach einer richtigern Analyse aus der Rotation der Erde nicht folgt: und die östliche Abweichung um die Hälfte zu gross. Durch eine kleine Abhandlung unsers vortrefflichen Dr. *Gauss* habe ich die Fehler meiner vorigen Rechnung kennen lernen. Die vermeintlich gefundene südliche Abweichung gründet sich auf einen sehr scheinbaren, aber doch falschen Satz: und die östliche Abweichung hatte ich dess-

wegen zu groſs gefunden, weil ich einen Umſtand bey der Rechnung vernachläſſigen zu können glaubte, der nicht vernachläſſigt werden darf. Für die Geſchichte der Unterſuchungen über dieſe Theorie wird es Ihnen und Ihren Leſern vielleicht nicht unangenehm ſeyn, wenn ich Ihnen hier Paralogismen und zugleich die Verbeſſerung derſelben vorlege. Die Erde kann hier ohne Bedenken für eine Kugel angenommen werden, und ſo wird ſich alles unter folgende 3 Artikel bringen laſsen.

I. Wirkung der Centrifugal-Kraft auf das herabhängende Loth.

Wenn die Zeit der Rotation der Erde $= \tau$ Secunden, der Halbmeſſer der Erde $= r$, und das Verhältniſs des Durchmeſſers zum Umfange des Kreiſes $= 1 : \pi$ geſetzt wird, und g den Raum bedeutet, durch den ein ſchwerer Körper bey ruhender Erde in einer Secunde im leeren Raum fallen würde, ſo iſt das Verhältniſs der Centrifugalkraft zur Schwerkraft unterm Aequator

$$= 2r\left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2 : g$$

und unter der Polhöhe ψ.

$$= 2r\cos\psi\left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2 : g.$$

Dieſe Centrifugalkraft wirkt in einer Ebne dem Aequator parallel, und auf der Axe ſenkrecht. Sie muſs deſswegen in zwey Theile zerlegt werden.

Der Theil

$$2r\cos\psi^2\left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2$$

ist der Richtung der Schwere entgegen, und vermindert dieselbe. Der andere Theil

$$2r\cos\psi\sin\psi\left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2 = r\sin 2\psi\left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2$$

ist auch die Richtung der Schwere in der Ebne des Meridians senkrecht. Ist nun, wie vorher, g der Raum, wodurch ein Körper bey nicht rotirender Erde in einer Secunde fallen würde, g′ der Raum, wodurch er bey der Rotation der Erde unter der Polhöhe ψ wirklich fällt, so ist

$$g' = g - 2r\cos\psi^2\left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2$$

und der Winkel R m M = ϱ, (Taf. VII. Fig. 12.) womit ein von m herabhängendes Loth von der Linie nach dem Mittelpunkt der Erde m R C wegen der Centrifugalkraft abweicht, wird durch die Gleichung

$$\text{tang}\,\varrho = \frac{r\sin 2\psi\left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2}{g'}$$

bestimmt. Nehmen wir die Höhe R m, von der das Loth herabgelassen wird = a, so weicht es unten von dem mit m und C in einer graden Linie liegenden Punkt R nach Süden ab, um die Grösse

$$R\,M = \lambda = \frac{a\,r\,\sin 2\psi \left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2}{g'}$$

II. Abweichung der gefallenen Kugel von dem herabhängenden Loth gegen Süden.

Die von m herabfallende Kugel bleibt während des Falls in der Ebne eines gröſsten Kreiſes, indeſs der Punkt R in einem kleinern Kreiſe rotirt. Dieſer gröſste Kreis berührt den kleinern Kreis in R. Es ſey t die Zeit, die die Kugel im Fallen zugebracht hat, ſo iſt $\frac{t}{\tau} \times 360^\circ = \eta$ der Winkel, um den ſich die Erde in der Fallzeit gedrehet hat. Iſt nun das Complement der Polhöhe des Punkts R = P, das Complement der Polhöhe des Punkts, wo die fallende Kugel wieder die Erde berührt = P′, ſo iſt

$$\text{tang } P' = \frac{\text{tang } P}{\cos \eta}$$

alſo

$$\text{tang } (P' - P) = \left\{\frac{\text{tang } P}{\cos \eta} - \text{tang } P\right) : \left(1 + \frac{\text{tang } P^2}{\cos \eta}\right\}$$

woraus man, da η immer ſehr klein iſt, erhält.

$$\text{tang } (P' - P) = \sin 2P\, \overline{\sin \tfrac{1}{2}\eta}^{\,2} = \sin 2\psi\, \overline{\sin \tfrac{1}{2}\eta}^{\,2}$$

Und da hier tang (P′ - P) mit Bogen (P′ -) verwechſelt werden darf, und P′ - P in Fuſsmaaſse ausgedrückt werden ſoll, der dann λ′ heiſsen mag, ſo hat man

$$\lambda' = r \, [\sin 2 \, \psi \, \overline{\sin \tfrac{1}{2} \eta}^2$$

Es war aber

$$\eta = \frac{t}{\tau} + 360°$$

und ſo iſt

$$\overline{\sin \tfrac{1}{2} \eta}^2 = \frac{t^2 \pi^2}{\tau^2}.$$

alſo

$$\lambda' = t^2 \, r \sin 2 \, \psi \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2$$

und ſo viel fällt die fallende Kugel ſüdlich von dem Punkt R. Oben fanden wir, daſs das herabgelaſſene Loth von dem Punkt R gegen Süden abweicht um die Gröſse

$$\lambda = \frac{a \, r \sin 2 \, \psi}{g'} \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2;$$

fiele nun der Körper von der Höhe a im leeren Raum, ſo wäre $t^2 = \frac{a}{g'}$ mithin $\lambda' = \lambda$. Es iſt alſo ſogleich klar, daſs wenn man den Widerſtand der Luft nicht in Betrachtung zieht, keine Abweichung der fallenden Kugel nach Süden Statt finden könne.

Allein da die Luft dem fallenden Körper widerſteht, ſo iſt $t^2 > \frac{a}{g'}$, folglich auch $\lambda' > \lambda$, und die fallende Kugel wird alſo, wie es ſcheint, vom Lothe gegen Süden abweichen um die Gröſse

$$\lambda' - \lambda = \left(t^2 - \frac{a}{g'}\right) r \sin 2\psi \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2$$

So ſcheinbar dies Raiſonnement auch iſt, das mich um ſo leichter verführte, da die nach dieſer Formel berechnete Abweichung nach Süden genau mit den in Bologna und Hamburg angeſtellten Erfahrungen übereinſtimmt, ſo iſt es doch unrichtig. Mit Recht erinnerte Dr. *Gauſs*, daſs, ſobald man den Widerſtand der Luft in Betrachtung zieht, es nicht mehr erlaubt iſt, anzunehmen, die Kugel bleibe während des Falls in der Ebne eines groſsen Kreiſes. Vielmehr wird der Widerſtand der Luft die Kugel während des Fallens grade um die Gröſse $\lambda' - \lambda$ aus dieſer Ebne nach Norden drücken, und dadurch jene vermeintliche ſüdliche Abweichung völlig aufheben.

Dies läſst ſich leicht ſo beweiſen. Das gefundene λ' iſt die Abweichung nach Süden vom Punkte R, wenn man den Widerſtand der Luft nicht in Betrachtung zieht. Es war aber oben $\tang \varrho = \frac{r \sin 2\psi}{g'} \left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2$. Damit wird

$$\lambda' = t^2 r \sin 2\psi \left\{\frac{\pi}{\tau}\right\}^2 = t^2 g' \tang \varrho.$$

Nun iſt $t^2 g'$ die Höhe, durch die die Kugel im leeren Raume während der Zeit t fällt. Die Kugel wird alſo (die kleine öſtliche Abweichung, die hier nichts ändert bey Seite geſetzt) genau in der Richtung

des Loths herabfallen. An dieſer Richtung des Falls kann der Widerſtand der Luft nichts ändern, da die Luft gegen das Loth in relativer Reihe iſt, und jener Richtung grade entgegen wirkt. Aber in der Luft fällt die Kugel wegen des Widerſtandes in der Zeit t nicht durch den Raum $t^2 g'$, ſondern nur durch den Raum a. Folglich iſt in der wiederſtehenden Luft λ' nicht $= t^2 g' \text{ tang } \varrho$, ſondern $= a \text{ tang } \varrho = \frac{a r \sin 2 \psi}{g'} \left\{ \frac{\pi}{\tau} \right\}^2$. Mithin iſt $\lambda' = \lambda$, und $\lambda' - \lambda = 0$, oder es findet wegen der Rotation der Erde keine Abweichung nach Süden Statt.

Die Rotation kann alſo die zu Hamburg und Bologna beobachtete Abweichung nach Süden nicht erklären. Auf das Geſetz des Widerſtandes kömmt es dabey gar nicht an. Die kleine Abweichung nach Süden, die man finden wird, wenn man den Umſtand mit in Betrachtung zieht, daſs die Centrifugalkraft oben in m etwas gröſser iſt, als in R, wird für unſere Sinne völlig unmerklich.

III. Abweichung der fallenden Kugel vom Loth nach Oſten.

Die Kugel, die von der Höhe $= a$ herabfällt, hat in m durch die Rotation der Erde eine Geſchwindigkeit $A = \frac{(r + a)\, 2\pi \cos \psi}{\tau}$ in der Richtung der Tangente des kleinen Kreiſes, den der Punkt m beſchreibt.

Mit dieſer Geſchwindigkeit würde ſie in der Zeit t einen Raum = At zurücklegen, da in derſelben Zeit der Punkt M durch die Rotation der Erde nur einen Bogen, deſſen Länge $= \frac{r. 2\pi \cos \psi t}{T}$ iſt, beſchrieben wird. Da nun hier Bogen und Tangente miteinander verwechſelt werden kann, ſo würde die Kugel weiter nach Oſten gekommen ſeyn, als der Punkt M, um

$$\frac{a. 2\pi. \cos \psi t}{T.}$$

und dies gab ich Ihnen in meiner vorigen Abhandlung als die öſtliche Abweichung der Kugel an. Hiebey iſt aber auf den Umſtand nicht Rückſicht genommen, daſs die Richtungen der Schwere, als immer nach dem Mittelpunkt gerichtet, einander nicht parallel bleiben. Freylich iſt der gröſste Winkel, den dieſe Richtungen bey Ihren Verſuchen mit einander machen < 36″, und dies verleitete mich, ihn zu vernachläſſigen. Allein der Einfluſs dieſer verſchiedenen Richtungen der Schwerkraft muſs allerdings mit in Betrachtung gezogen werden, weil die öſtliche Abweichung der fallenden Kugel der kleine Unterſchied zweyer ſehr beträchtlichen Gröſsen iſt, die alſo beyde ſehr ſcharf berechnet werden müſsen, um ihren Unterſchied genau zu haben. Es iſt nicht ſchwer, dieſen Umſtand mit in Rechnung zu bringen. Geſetzt die Kugel habe in der Richtung der Tangente, ſenkrecht auf der Ebne des als unbeweglich angenommenen Meridians, in dem ſie zu fallen anfing, einen

Raum $= x$ zurück gelegt, ihre Geſchwindigkeit nach dieſer Richtung ſey jetzt noch $= w$, ihr Abſtand vom Mittelpunkt der Erde, der anfangs $= r + a$ war, ſey nun noch $r + y$, und die Geſchwindigkeit, womit ſie ſich dem Mittelpunkt der Erde nähert $= v$, ſo iſt, da wir hier die Schwerkraft als beſtändig anſehen können

$$dv = 2g\,dt$$

alſo

$$dw = \frac{-2gx\,dt}{r+y}$$

Da y gegen r äuſſerſt klein iſt, ſo darf man ohne Bedenken ſetzen

$$dw = \frac{-2gx\,dt}{r}.$$

Weil nun

$$dt = \frac{dx}{w}$$

ſo iſt

$$w^2 = A^2 - \frac{2gx^2}{r}.$$

Für $x = 0$ ſoll nehmlich die anfängliche Geſchwindigkeit der Kugel $= A = \frac{(r+a)\cos\psi\;2\pi}{\tau}$ ſeyn.

Weil nun

$$dx = w\,dt$$

ſo hat man

$$\frac{dx}{\sqrt{\left\{1 - \frac{2gx^2}{rA^2}\right\}}} = A\,dt.$$

Anſtatt hier linker Hand das Integral durch eine Kreisfunktion zu nehmen, die doch wieder in eine Reihe aufgelöſet werden müſste, nehme ich gleich die beyden erſten Glieder der Reihe

$$\frac{1}{r\left(1-\frac{2gx^2}{rA^2}\right)}=1+\frac{gx^2}{rA^2}\ldots\ldots$$

und habe alſo durch Integration ſogleich

$$At=x+\frac{gx^3}{3rA^2}\ldots\ldots$$

Die Conſtans iſt nehmlich $=0$, weil $x=0$ für $t=0$. Da man ſich nun leicht überzeugen kann, daſs das zweyte Glied rechter Hand gegen x ſehr klein iſt, ſo kann man in dieſes A^3t^3 für x^3 ſetzen, und ſo iſt

$$x=At-\frac{gAt^3}{3r.}$$

Es iſt aber

$$A=\frac{2\pi\,(r+a)\cos\psi}{\tau}$$

und

$$gt^2=a+\delta$$

wobey δ alſo bedeutet, um wie viel der Fall gt^2 im leeren Raum durch den Widerſtand der Luft verändert iſt. Ferner ohne allen merklichen Fehler:

$$\frac{r+a}{r}=1$$

und ſo wird

$$x=\frac{2\pi.(r+a)\cos.\psi t.}{\tau}-\frac{2\pi(a+\delta)\cos\psi t}{3\tau}$$

Da nun der Ort M in der Zeit t nach Oſten gerückt iſt um

$$\frac{2\pi r.\cos\psi t}{\tau}$$

so ist die östliche Abweichung der gefallenen Kugel von dem Punkte M, oder dem herabhängenden Lothe

$$= \frac{2\pi\, a.\cos\psi t}{\tau} - \frac{2\pi(a+\delta)\cos\psi t}{3\tau}$$

$$= \frac{4\pi\cos\psi t}{3\tau}\,(a - \tfrac{1}{2}\delta)$$

Also ist die wahre östliche Abweichung der Kugel nur $\frac{2}{3}$ derjenigen, die man, ohne auf die verschiedene nicht parallele Richtung der Schwerkraft Rücksicht zu nehmen, finden würde.

* * *

Wenn ich bey Ihren Versuchen annehme $a = 235$ Fuſs $\psi = 53°, 36'$, $t = 4''$ und $g' = 15{,}106$ F. so ist $g't^2 = 241{,}696$ Fuſs, mithin $\delta = 6{,}696$ Fuſs und $a - \frac{1}{2}\delta = 231{,}652$ Fuſs $= 231{,}652 \times 144$ Linien. Ferner ist $\tau = 86\,164{,}1$ Sekunden und damit steht die Rechnung für die östliche Abweichung so:

log. $(a - \frac{1}{2}\delta$	$= 2{,}364836$
log. 144	$= 2{,}158363$
log. t	$= 0{,}602060$
log. 4π	$= 1{,}099212$
log. cos ψ	$= 9{,}773361$
	$5{,}997832$
log. 3τ	$= 5{,}412441$

$$\left\{\begin{array}{l} \log.\tau = 4{,}935320 \\ \log.3 = 0{,}477121 \\ \hline \log.3\tau = 5{,}412441 \end{array}\right.$$

log. $0{,}585391 = 3{,}8495$ Linien.

Ihre Beobachtung gab 4 Linien, und ſtimmt alſo vortrefflich mit der Theorie. *)

*) Wenn man die Werthe der Gröſsen, die hier in Rechnung kommen, völlig ſcharf nimmt, ſo nähert ſich die Theorie noch um etwas weniges der Erfahrung. — Die Polhöhe des Michaelisthurms iſt wahrſcheinlich ſehr nahe $53^{\circ}, 33' = \psi$ Die Pendellänge für Hamburg iſt im 1ſten Abſchnitt zu 440,75 angegeben. Hiernach wäre nach *Gehler* die Länge des Sekundenpendels im Leeren = 440,85 Linien. Aus dieſer findet man nach Huygens den Fall in der erſten Sekunde = 15,108 par. Fuſs ($= g'$) für den leeren Raum.

Nimmt man den Widerſtand der Luft ſo an, wie er auf 240 Fuſs beobachtet wurde (S. 4. Abſchnitt) ſo iſt die Fallzeit für 235 Fuſs $4'', 1''' = 4'', 017 = t$. Und $g', t^2 = 243, 782$ Fuſs, oder, der Raum, den die Kugel im Leeren in der Zeit t zurückgelegt haben würde.

δ iſt der Unterſchied zwiſchen den Leeren und dem erfüllten Raume, welche die Kugel in der Zeit t durchläuft = 243,782 — 235 = 8,782 Fuſs. $a - \frac{1}{2}\delta = 230, 609$ Fuſs.

Nach dieſen Beſtimmungen findet man mit Dr. *Olbers* Formel:

$$\begin{aligned}
\log.\ (a - \tfrac{1}{2}\delta) &= 2{,}362878 \\
\log.\ 144 &= 2{,}158363 \\
\log.\ t\ (4'',017) &= 0{,}603902 \\
\log.\ 4\pi &= 1{,}099212 \\
\log.\cos\psi(53^{\circ},33') &= 9{,}773875 - 10 \\
\hline
& \quad 5{,}998230 \\
\log.\ 3\ \tau &= 5{,}412441 \\
\hline
\log. &= 0{,}585789 \\
&= 3{,}853 \text{ par. L. Abweichung nach Oſten.}
\end{aligned}$$

Auszug aus einem Briefe von Prof. Guglielmini.

Bologna den 23. März 1803.

Herr *La Place* hat, ebenſo als Sie, angefragt, ob ich neue Experimente angeſtellt habe, worauf ich ihm eben die Antwort ertheilen muſste, als Ihnen in meinem letzten Briefe. Seine Demonſtration hat er mir nicht mitgetheilt, die meinige aber, welche ich der Academie von Bologna vorgelegt habe, will ich Ihnen in wenig Worten darſtellen.

In meinem Werke von 1792 bewies ich, daſs im Vacuo keine Abweichung nach Süden Statt finde; daſs auch keine in der Luft Statt findet, läſst ſich folgendermaaſsen zeigen. Man kann die coniſche Fläche, welche die Linie des Falles oder welche der Thurm wegen der täglichen Bewegung der Erde beſchreibt, als cylindriſch betrachten und orthographiſch durch den Kreis A M (*Fig.* 7. *Tab. VII.*) vorſtellen, der mit dem Parallelkreiſe der Oerter einerley iſt. Der fallende Körper bewegt ſich in der durch die Tangente AB gelegten Ebne, gleichförmig von A nach

Die ſcharf reduzirten
Beobachtungen gaben
(S. 6. Abſchnitt) = 3, 997 par. Linien.

Unterſchied 0, 144 par. Linien.

Die Hunderttheile und Tauſendtheile der Linie ſtehen hier blos zur Ehre der Rechnung, einen Werth haben ſie übrigens nicht.

B — g.

B, nehmlich von Westen nach Osten durch Ab = bc = cd. Der Körper entfernt sich also von der Oberfläche AM mit gleichförmig beschleunigter Bewegung, um die Entfernungen bf, eg, dh von Norden gegen Süden, denn die Linien bf, eg, dh verhalten sich, wie die Quadrate der Zeiten, Ab, Ac, Ad, woraus erhellt, daſs die Meridional-Abweichung eben so, als der Verticalfall mit gleichförmig beschleunigter Bewegung geschieht. Die Luft, welche dem Falle widersteht und, wegen der täglichen Bewegung, sich auch der Meridional-Abweichung rechtwinklicht (*à angle droite*) widersetzt, muſs Wirkungen hervorbringen, die den Bewegnngen selbst proportional sind.

Es sey nun T die Zeit des Falles von der Höhe A im Vacuo; T + t die Zeit des Falles in der Luft; so wird, wenn man setzt

$$T^2 : (T+t)^2 = A : \frac{A(T+t)^2}{T^2}$$

und $X = A\,\frac{(T+t)^2 - T^2}{T^2}$

die Wirkung des Widerstandes der Luft auf den verticalen Fall = X seyn. Heiſst nun B = dh die Meridional-Abweichung, die zu dem Falle A im Vacuo gehört, (das heiſst, die Entfernung des Körpers, der in einem gröſsten Kreise fällt, vom Parallel des Thurms, nehmlich eben die Entfernung, welche im Vacuo mit der Abweichung des Loths, das nicht gegen das Centrum der Erde zu hängt, sondern südlich davon abgeschleudert wird, einerley ist, wie ich in meiner Abh. gezeigt habe), so beweise ich pag. 6,

dafs Y die füdliche Entfernung vom Loth bezeichnet, wenn man $Y = B\,\frac{(T+t)^2\,T}{T^2}$ fetzt, weil nehmlich

$$T^2 : (T+t)^2 = B : B\,\frac{(T+t)^2}{T^2}$$

und bemerke, dafs diefe Abweichung zum Theil durch die tägliche Bewegung zerftört werde. Aber fie wird durch diefe gänzlich aufgehoben. Denn wenn man fetzt:

$$A : A\,\frac{(T+t)^2 - T^2}{T^2} = B : Z = B\,\frac{(T+t)^2 - T)^2}{T^2}$$

fo wird die Wirkung der Luft von Süden gegen Norden, welche der Meridional-Abweichung entgegen ift, $Z = Y$, oder die füdliche Abweichung $= Y$ wird durch die nördliche $= Z$ aufgehoben, und das Loth kann weder eine füdliche, noch eine nördliche Abweichung anzeigen.

Machen Sie mir das Vergnügen, diefe Demonftration in Ihr Werk einzurücken. Selbft wenn jemand fie nicht für ganz genau halten follte, fo bitte ich doch, dafs Sie derfelben in Ihren Verfuchen einen Platz einräumen.

Ich danke Ihnen für die aftronomifchen Neuigkeiten, die Sie mir aus Deutfchland mitgetheilt haben, uud bedaure, dafs ich Ihnen keine ähnlichen aus Italien fchicken kann. Ich werde neue aftronomifche Beobachtungen anftellen, die ich Ihnen mittheilen werde; aber bis jetzt verhinderte mich meine Gefundheit und einige andere Hinderniffe, von denen es vielleicht nicht undienlich wäre, fie bekannt zu machen. — Aber das thut nichts. In der Religion bin

ich Katholick , aber im gesellschaftlichen Leben ein guter Stoiker — ein Freund meiner Freunde, — und gleichgültig gegen die übrigen.

Gruſs und Achtung

G.

La Lande hatte die Güte, mir ein Blatt von dem *Bulletin des ſciences, par la Société Philomatique.* (*Paris, Prairial an* 11 *de la Rép.*) zuzuſchicken, in dem eine Abhandlung von *La Place* über den Fall der Körper ſteht, welche von groſsen Höhen fallen.

Damit man hier alles beyſammen finde, was von den gröſsten Geometern über dieſen Gegenſtand geſagt worden, ſo habe ich das *Mémoire* von *La Place* hier unverändert in der Urſprache abdrucken laſsen.

Physique.

Mémoire sur le mouvement d'un corps qui tombe d'une grande hauteur, par le C. La Place.

Un corps qui tombe d'une hauteur considérable s'éloigne un peu de la verticale, en vertu du mouvement de rotation de la terre; cet écart bien observé est donc propre à manifester ce mouvement. Quoique la rotation de la terre soit maintenant établie avec toute la certitude que les sciences physiques comportent, cependant une preuve directe de ce phénomène doit intéresser les géomètres et les astronomes. Ils ont fait, en conséquence, plusieurs expériences sur la chûte des corps qui tombent d'une grande hauteur, et ils ont en même tems donné la théorie de ce mouvement; mais leurs résultats présentent de grandes différences. Tous conviennent que le corps doit dévier vers l'Est de la verticale; plusieurs pensent qu'il doit à-la-fois dévier vers l'équateur; d'autres, enfin, prétendent que cette dernière déviation n'auroit point lieu dans le vide, mais qu'elle doit être pro-

duiſe par la réſiſtance de l'air. Au milieu de ces incertitudes, j'ai cru qu'uue analyse exacte de ce problême seroit utile à ceux qui voudront comparer sur ce point la théorie aux observations. C'est l'objet de ce mémoire, dans lequel je donne la véritable expression de la déviation du corps, en ayant égard à la réſiſtance de l'air, et je fais voir que, quelle que soit cette résistance et la figure de la terre, il ne doit point y avoir de déviation vers l'équateur.

L'observatoire national offre un puits d'environ 54 mètres de profondeur, depuis la plate-forme du sommet, jusqu'au fond des caves, et qui est très-propre à ce genre d'expériences, auquel il fut primitivement destiné. En choisissant le moment où l'atmosphère est calme, et en fermant exactement l'Observatoire, on évitera l'influence du mouvement de l'air, dont on se garantiroit plus sûrement encore, et très-facilement, au moyen de quatre tambours adaptés verticalement aux quatre voûtes que le puits traverse. La déviation du corps vers l'Est seroit d'environ six millimètres, suivant la théorie. Cette quantité, quoique très-petite, peut être reconnue par des expériences très-précises, et répétées plusieurs fois.

Nommons x, y, z les trois coordonnées rectangles du corps, l'origine de ces coordonnées étant au centre de la terre, et l'axe des x étant l'axe de rotation de cette planète. Soit r le rayon mené de ce centre au sommet de la tour d'où le corps tombe; θ l'angle que r forme avec l'axe de rotation; et ϖ l'angle que le plan passant par r et par l'axe de la terre, forme avec

le plan passant par le même axe, et par l'un des axes principaux de la terre, situés dans le plan de son équateur ; enfin, soit $n t$ le mouvement angulaire de rotation de la terre. En nommant X, X Z les coordonnées du sommet de la tour, on aura

$$X = r. \text{Cos.}\, \theta;$$

$$Y = r. \text{Sin.}\, \theta. \text{Cos}\, (nt + \omega);$$

$$Z = r. \text{Sin.}\, \theta. \text{Sin.}\, (nt + \omega);$$

$nt + \omega$ étant l'angle que le plan passant par r et par l'axe de la terre, forme avec le plan des x et des y.

Supposons ensuite que, relativement au corps dans sa chûte, r se change en $r - \alpha s$, θ dans $\theta + \alpha u$, et ω dans $\omega + \alpha v$; on auta

$$x = (r - \alpha s). \text{Cos.}\, (\theta + \alpha u);$$

$$y = (r - \alpha s). \text{Sin.}\, (\theta + \alpha u). \text{Cos.}\, (nt + \omega + \alpha v);$$

$$z = (r - \alpha s). \text{Sin.}\, (\theta + \alpha u). \text{Sin.}\, (nt + \omega + \alpha v).$$

Nommons V la somme de toutes les molécules du sphéroïde terrestre, divisées par leurs distances au corps attiré. Les forces dont ce corps est animé par l'attraction de ces molécules, sont parallèlement aux axes des x, des y et des z, $\left(\frac{dV}{dx}\right)$, $\left(\frac{dV}{dy}\right)$, et $\left(\frac{dV}{dz}\right)$, comme il résulte du n°. 11 du second livre de ma Mécanique céleste. Pour avoir égard à la résistance de l'air, nous pouvons représenter par $\varphi \left(\alpha s, \alpha \frac{ds}{dt}\right)$ l'expression de cette résistance; car la vitesse du corps, relative à l'air considéré comme im-

mobile, étant considérablement plus grande dans le sens de r, que dans le sens perpendiculaire à r, ainsi qu'on le verra bientôt, l'expression de cette vîtesse relative, est à très-peu-près $\alpha \frac{ds}{dt}$. Si l'on fait, pour plus de simplicité, $r = 1$, la vitesse relative du corps dans le sens de θ, est $\alpha \frac{du}{dt}$, et dans le sens de ϖ, elle est égale à $\alpha \frac{dv}{dt}$. Sin. θ; la résistance de l'air sera donc

$$\frac{\varphi\left(\alpha s, \alpha \frac{ds}{dt}\right)}{\alpha . \frac{ds}{dt}} . \alpha \frac{ds}{dt}, \text{ dans le sens de } r;$$

$$-\frac{\varphi\left(\alpha s, \alpha . \frac{ds}{dt}\right)}{\alpha . \frac{dt}{dt}} \alpha \frac{du}{dt}, \text{ dans le sens des } \theta;$$

$$= \frac{\varphi\left(\alpha s, \alpha . \frac{ds}{dt}\right)}{\alpha . \frac{ds}{dt}} . \alpha \frac{dv}{dt} . \text{ Sin. } \theta, \text{ dans le sens des } \varpi.$$

Nommons K le facteur $\frac{\varphi\left(\alpha s, \alpha . \frac{ds}{dt}\right)}{\alpha . \frac{ds}{dt}}$; on aura, par le principe des vitesses virtuelles,

$$o = \delta x \frac{ddx}{dt^2} + \delta y \frac{ddy}{dt^2} + \delta z \frac{ddz}{dt^2}$$

$$-\delta x\left(\frac{dV}{dx}\right)-\delta y\left(\frac{dV}{dy}\right)-\delta z\left(\frac{dV}{dz}\right)$$

$$-K\delta r\,\alpha\,\frac{ds}{dt}+K\,\delta\theta.\alpha\,\frac{du}{dt}+K\delta\omega.\,\text{Sin.}^2\,\theta.\,\alpha\,\frac{dv}{dt};$$

la caractéristique différentielle δ se rapportant aux coordonnés r, θ et ω, dont x, y, z sont fonctions. En substituant pour x, y, z leurs valeurs précédentes, on a, en négligeant les termes de l'ordre α^2,

$$o=\delta r\left\{-\alpha\frac{dds}{dt^2}-2\alpha nr\frac{dv}{dt}\text{Sin.}^2\,\theta-\alpha K\frac{ds}{dt}\right\}$$

$$+r^2\,\delta\theta\left\{\alpha\,\frac{ddu}{dt^2}-2\alpha n\frac{dv}{dt}\text{Sin.}\,\theta.\,\text{Cos.}\,\alpha+\alpha K\frac{du}{dt}\right\}$$

$$+r^2\,\delta\omega.\text{Sin.}\,\theta.\left\{\alpha\,\frac{ddv}{dt^2}.\text{Sin.}\,\theta+2\alpha n\frac{du}{dt}.\,\text{Cos.}\,\theta-2\alpha n\right.$$

$$\left.\frac{ds}{dt}.\,\frac{\text{Sin.}\,\theta}{r}+\alpha K\,\frac{dv}{dt}\,\text{Sin.}\,\theta.\right\}$$

$$-\delta V-\frac{n^2}{2}\delta\left\{(r-\alpha s)^2.\,\text{Sin.}^2\,(\theta+\alpha u)\right\}\ldots\ldots(1)$$

Par la nature de l'équilibre de la couche d'air dans laquelle le corps se trouve, on a

$$o=\delta V+\frac{n^2}{2}\delta\left\{(r-\alpha s)^2.\,\text{Sin.}^2\,(\theta+\alpha u)\right\}\ldots\ldots(2)^{*)}$$

pourvu que la valeur de δ r soit assujétie à la surface de niveau de la couche. Soit à cette surface,

*) Voyez la Mécanique céleste, Tom. I, pag. 98.

$$r = \alpha + y,$$

y étant une fonction de θ, de ω et de α, a étant constant pour la même couche ; l'équation (2) donne ainsi

$$o = \left(\frac{dQ}{dr}\right) \cdot \left\{ \left(\frac{dy}{d\theta}\right) \cdot \delta\theta + \left(\frac{dy}{d\omega}\right) \cdot \delta\omega \right\} + \left(\frac{dQ}{d\theta}\right) \cdot \delta\theta + \left(\frac{dQ}{d\omega}\right) \cdot \delta\omega,$$

Q étant supposè égal à $V + \frac{n}{2} \left\{ (r - \alpha s)^2 . \text{Sin.}^2 (\theta + \alpha u) \right\}$, et en retranchant cette équation de l'équation (1), on aura

$$o = \delta r \left\{ -\alpha \frac{dds}{dt^2} 2\alpha nr \frac{dv}{dt} . \text{Sin.}^2 \theta - \alpha K \frac{ds}{dt} \right\}$$

$$+ r^2 \delta\theta \left\{ \alpha \frac{ddu}{dt^2} - 2 \alpha n \frac{dv}{dt} . \text{Sin.} \theta . \text{Cos.} \theta + \alpha K \frac{du}{dt} \right\}$$

$$+ r^2 \delta\omega . \text{Sin.} \theta \left\{ \alpha \frac{ddv}{dt^2} . \text{Sin.} \theta + 2 \alpha n \frac{du}{dt} . \text{Cos.} \theta - 2 \alpha n \frac{ds}{dt} \frac{\text{Sin.} \theta}{r} + \alpha K \frac{dv}{dt} . \text{Sin.} \theta . \right\}$$

$$- \left(\frac{dQ}{dt}\right) \left\{ \delta r - \left(\frac{dy}{d\theta}\right) \delta\theta - \left(\frac{dy}{d\omega}\right) \delta\omega \right\}$$

Si l'on égale à zéro les coëfficiens des trois variations δr, $\delta \theta$ et $\delta \omega$, et si l'on observe que $-\left(\frac{dQ}{dr}\right)$ représente la pesanteur que nous désignerons par g *), on aura, en prenant pour l'unité le rayon r, ce que l'on peut faire ici sans erreur sensible, les trois équations suivantes:

$$o = \alpha \frac{dds}{dt^2} + 2\alpha n \frac{dv}{dt} . \text{Sin.}^2 \theta + \alpha K \frac{ds}{dt} - g;$$

$$o = \alpha \frac{ddu}{dt^2} - 2\alpha n \frac{dv}{dt} . \text{Sin.} \theta . \text{Cos.} \theta + \alpha K \frac{du}{dt} - g \left(\frac{dy}{d\theta}\right)$$

$$o = \alpha \frac{ddv}{dt^2} . \text{Sin.} \theta + 2\alpha n \frac{du}{dt} \text{Cos.} \theta - 2\alpha n \frac{ds}{dt} . \text{Sin.} \theta$$

$$+ \alpha K \frac{dv}{dt} . \text{Sin.} \theta - \frac{g}{\text{Sin.} \theta} \left(\frac{dy}{d\omega}\right)$$

Si l'on prend la seconde décimale, ou la cent millième partie du jour moyen, pour unité de tems, n est le petit angle décrit dans une seconde par la rotation de la terre. Cet angle est extrêmement petit; et comme αu et αv sont de très-petites quantités par rapport à αs, on peut négliger dans la première de ces trois équations, le terme $2\alpha n \frac{dv}{dt} \text{Sin.}^2 \theta$; dans la seconde, le terme $-2\alpha n \frac{dv}{dy} \text{Sin.} \theta . \text{Cos.} \theta$;

*) Voyez la Mécanique céleste, Tom. II, pag. 104.

et dans la troisième, la terme $2\alpha n \frac{du}{dt}$. Cos. θ; ce qui réduit ces trois équations aux suivantes :

$$o = \alpha \frac{dds}{dt^2} + \alpha K \frac{ds}{dt} - g;$$

$$o = \alpha \frac{ddu}{dt^2} + \alpha K \frac{du}{dt} - g \frac{dy}{d\theta};$$

$$o = \alpha \frac{ddv}{dt^2} . \text{Sin.}\, \theta - 2\alpha n \frac{ds}{dt} . \text{Sin.}\, \theta + \alpha K \frac{dv}{dt} . \text{Sin.}\, \theta - \frac{g}{\text{Sin.}\,\theta} \left(\frac{dy}{d\omega}\right).$$

K étant une fonction de αs et de $\alpha \frac{ds}{dt}$, la première de ces équations donne αs en fonction du tems t. Si l'on fait $\alpha u = \alpha s \left(\frac{dy}{d\theta}\right)$, on satisfera à la seconde de ces équations ; parce que g et $\left(\frac{dy}{d\theta}\right)$ peuvent être supposés constans pendant la durée du mouvement, vu la petitesse de la hauteur d'où le corps tombe, relativement au rayon terrestre. Cette manière de satisfaire à la seconde équation, est la seule qui convienne à la question présente, dans laquelle u, $\frac{du}{dt}$ sont nuls ainsi que s et $\frac{ds}{dt}$ à l'origine du mouvement. Maintenant, si l'on imagine un fil à plomb de la longueur αs, suspendu au point d'où le corps tombe, il s'écartera au midi du

rayon r, de la quantité $\alpha s \left(\frac{dv}{d\theta}\right)$, et par conséquent de la quantité αu; le corps, en tombant, est donc toujours sur les parallèles des points de la verticale qui sont à la même hauteur que lui : il n'éprouve ainsi aucune déviation vers le midi de cette ligne.

Pour intégrer la troisième équation, nous ferons

$$\alpha v. \text{Sin.} \theta = \frac{\alpha s}{\text{Sin.} \theta} \left(\frac{dy}{d\omega}\right) + \alpha v';$$

et nous aurons

$$o = \alpha \frac{ddv'}{dt^2} + \alpha K \frac{dv'}{dt} - 2 \alpha n \frac{ds}{dt} \text{Sin.} \theta.$$

Le corps s'écarte à l'Est du rayon r, de la quantité αv Sin. θ ou $\frac{\alpha s}{\text{Sin.} \theta} \left(\frac{dy}{d\omega}\right) + \alpha v'$; mais le fil à plomb s'écarte à l'Est de ce rayon, de la quantité $\frac{\alpha s}{\text{Sin.} \theta} \left(\frac{dy}{d\omega}\right)$: $\alpha v'$ est donc l'écart du corps à l'Est de la verticale.

Supposons maintenant la résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse, en sorte que $K = m \alpha \frac{ds}{dt}$; m étant un coëfficient qui dépend de la figure du corps, mais qui peut être ici supposée constante sans erreur sensible. On aura

$$o = \alpha \frac{dds}{dt^2} + \alpha^2 m \frac{ds^2}{dt^2} - g.$$

Pour intégrer cette équation, nous ferons

$$\alpha s = \frac{1}{m} \log. s';$$

et nous aurons

$$o = \frac{dds}{dt^2} - mgs' ;$$

ce qui donne en intégrant

$$s' = A\,c^{t\sqrt{mg}} + B\,c^{-t\sqrt{mg}},$$

c étant le nombre dont le logarithme hyperbolique est l'unité, et A et B étant deux arbitraires. Pour les déterminer, nous observerons que αs doit être nul, lorsque $t = o$, ce qui donne alors $s' = 1$, et par conséquent

$$A + B = 1;$$

de plus, $\alpha \frac{ds}{dt}$ doit être nul avec t, et par consequent aussi $\frac{ds'}{dt}$; ce qui donne

$$A - B = o.$$

On a donc $A = B = \frac{1}{2}$, et par conséquent

$$\alpha s = \frac{1}{m} . \log . \left\{ \tfrac{1}{2} c^{t\sqrt{mg}} + \tfrac{1}{2} c^{-t\sqrt{mg}} \right\};$$

et en réduisant en séries

$$\alpha s = \frac{gt^2}{2} - \frac{mg^2t^4}{12} + \frac{m^2g^3t^6}{45} - \text{etc.}$$

Pour déterminer $\alpha v'$, nous observerons que l'on a $\alpha \frac{ds}{dt} = \frac{1}{m}\frac{ds'}{s'dt}$, et qu'ainsi l'équation différentielle en $\alpha v'$, devient

$$o = \alpha s' \frac{ddv'}{dt^2} + a \frac{ds'}{dt}\frac{dv'}{dt} - \frac{2n}{m}\frac{ds'}{dt};$$

d'où l'on tire en intégrant,

$$\alpha s' \frac{dv'}{dt} = \frac{2n}{m} s' + C,$$

C étant une constante arbitraire. Pour la déterminer, nous observerons que t étant nul, $\frac{dv'}{dt} = o$, et qu'alors $s' = 1$, ce qui donne $C = -\frac{2n}{m}$; partant

$$\alpha \frac{dv^2}{dt} = \frac{2n}{m}\left(1 - \frac{1}{s'}\right) = \frac{2n}{m}\left\{1 - \frac{2}{c^{t\sqrt{mg}} + c^{-t\sqrt{mg}}}\right\}$$

Et intégrant de manière que $\alpha v'$ soit nul avec t, on aura

$$\alpha v' = \frac{2n}{m} t - \frac{4n}{m\sqrt{mg}} \text{ ang. tang.} \left(\frac{c^{\frac{t}{2}\sqrt{mg}} - c^{-\frac{t}{2}\sqrt{mg}}}{c^{\frac{t}{2}\sqrt{mg}} + c^{-\frac{t}{2}\sqrt{mg}}} \right).$$

et en réduisant en séries, on aura

$$\alpha v' = \frac{ngt^3 \sin.\theta}{3}\left\{1 - \frac{mgt^2}{4} + \frac{61}{840} m^2 g^2 t^4 - \text{etc.}\right\}$$

On doit observer dans ces expressions de αs et de $\alpha v'$, que t exprimant un nombre d'unités de tems, g est le double de l'espace que la pésanteur fait décrire dans la première unité de tems; nt est l'angle de rotation de la terre, pendant le nombre t, d'unités, et mg est un nombre dépendant de la résistance que l'air oppose au mouvement du corps.

Pour avoir le tems de la chûte, et l'écart vers l'Est, en fonction de la hauteur d'où le corps est

tombé, nommons h cette hauteur. On aura par ce qui précède,

$$2c^{mh} = c^{t\sqrt{mg}} + c^{-t\sqrt{mg}} ;$$

d'où l'on tire

$$t = \frac{1}{\sqrt{mg}} . \log. \tfrac{1}{2} \left\{ \sqrt{c^{mh}+1} + \sqrt{c^{mh}-1} \right\};$$

et ensuite

$$\alpha v' = \frac{2n}{m\sqrt{mg}} \left(\text{Log. } \tfrac{1}{2} \left\{ \sqrt{c^{mh}+1} + \sqrt{c^{mh}-1} \right\}^2 - 2. \text{ angl. tang.} \left\{ \frac{\sqrt{c^{mh}-1}}{\sqrt{c^{mh}+1}} \right\} \right)$$

La hauteur h étant donnée, l'observation du tems t donnera la valeur de m, et l'on en conclura $\alpha v'$, ou la déviation du corps vers l'Est de la verticale. L'accord de ce résultat avec l'expérience, manifestera le mouvement de rotation de la terre. On pourra encore déterminer m, par la figure et la densité du corps, et par les expériences déjà faites sur la résistance de l'air.

Dans le vide, ou, ce qui revient au même, dans le cas de m infiniment petit, on a

$$\alpha\, v' = \frac{2\,nh}{3} . \text{Sin. } \theta . \sqrt{\frac{2h}{g}} .$$

θ est à fort peu près le complément de la latitude du lieu ; et pour Paris, on peut supposer $\theta = 41^\circ\ 9'\ 46''$; n est l'angle de rotation de la terre, pendant une unité de tems. Si l'on prend pour cette unité la cent millième partie du jour, on aura $n = \frac{1296000}{99727}$, parce que la durée de la rotation de la terre, est $\overset{\text{jour}}{0{,}99727}$; on a ensuite à Paris

$$\tfrac{1}{2}\,g = \overset{\text{mètres}}{3{,}66107}.$$

En supposant donc $h = 54$ mètres, on trouve

$$\alpha v' = \overset{\text{millimètres}}{5{,}\ 7337}\ ^{*)}$$

Additions du Rédacteur La Croix.

M. *Guglielmini* paroît être le premier qui ait éveillé sur ces objets l'attention des astronomes et des géomètres, par des expériences qu'il fit en 1791, et dont le C. *La Lande* a rendu compte dans le Magasin encyclopédique. En faisant tomber des corps d'une hauteur de 241 pieds, il trouva à l'Est de la verticale une déviation de 2 lignes, et une de 5 lignes vers le Sud ; et ces résultats furent conformes à la théorie qu'il s'étoit faite. Ces expériences ont été

*) Pour effectuer ce calcul, il faut observer que le numérateur de n est la circonférence du cercle, exprimée en secondes sexagésimales, et doit être convertie en parties du rayon, en la divisant par l'arc égal au rayon, arc dont le logarithme est 5,3144251.

Le C. *La Place* n'a pas tenu compte ici de la résistance de l'air, parce que son influence sur les balles de plomb d'un petit diamètre, avec lesquelles on fait les expériences, est très-petite.

répétées l'année dernière à Hambourg, par M. *Benzenberg*, qui a communiqué ses résultats au *C. Laplace*.

M. *Benzenberg* faisant tomber des corps d'une hauteur de 235 pieds de Paris, trouva que leur déviation à l'Est étoit de 4 lignes; et il en observa aussi une au Sud, mais de 1 lig. 5 seulement. Cette dernière, que la théorie du *C. Laplace* n'explique pas, tient peut-être à des circonstances météorologiques.

La latitude de Hambourg étant de 53 36′, on a $\theta =$ 36° 24′; puis, h = 235. = 76^{n}, 337. Avec ces données on trouve, par la formule du *C. Laplace*, en ne tenant pas compte de la résistance de l'air, une déviation à l'Est de 8 millimetres, 79, ou environ 3 lig., 9 du pied de Paris, résultat qui s'accorde à $\frac{1}{10}$ de ligne avec l'observation de M. *Benzenberg*.

M. *Guglielmini* a écrit au *C. Lalande*, en 1797, qu'il avoit reconnu qu'il ne devoit point y avoir de déviation au Sud; et il a fait en conséquence de nouvelles expériences, mais dont les résultats ne nous sont pas parvenus.

Im September Heft der monatlichen Correſpondenz des Freyherrn von *Zach* findet ſich eine Abhandlung über die Abweichung fallender Körper von Prof. *Bohnenberger*. — Doch iſt in dieſer keine Rückſicht auf den Widerstand der Luft genommen, und nicht entschieden, ob vom Widerstand die von *Guglielmini* beobachtete ſüdliche Abweichung komme. — Die öſtliche findet Herr Prof. *Bohnenberger* für *Guglielminis* Versuche = 4,8 Linien.

Ferner ſteht in den Akten der Academie von *Siena*, und in den Gedenkſchriften der italieniſchen Societät, eine Abhandlung von *Saladini*, Profeſſor in Bologna. Dieſer findet aus der Theorie für *Guglielminis* Verſuche eine Abweichung von 6 Linien nach Süden. Endlich ſteht noch eine Abhandlung über dieſen Gegenſtand von Bürger *Tadini* im Journal von *Brougnatelli*.

Guglielminis theoretiſche Unterſuchungen in ſeinem Buche: *de diurno terræ motu*, ſind ſchon oben im fünften Abſchnitt angeführt worden.

Ich ſchlieſse dieſe Anzeige der Bemühungen der Geometer über ein Problem, in dem ſeit 110 Iahren nicht allein die Erfahrung mit der Theorie im Widerſpruch war, ſondern in dem auch zugleich die Theoretiker unter ſich faſt immer verſchiedener Meinung waren, — mit den Worten aus den *Xenien*:

„Auf theoretiſchem Feld iſt weiter nichts mehr zu finden." —

— — — — — —

Achter Abſchnitt.

Verſuche über die Umdrehung der Erde in dem Kohlenſchachte *zur alten Roſskunſt* am Schlebuſche in der Graſſchaft Mark bey einer Fallhöhe von 262 pariſer Fuſs und einer Polhöhe von 51 Grad 25 Min. Erſte Verſuche im December von 1803. Drey Verſuche den 7ten Oktober 1804. Eilf Verſuche den 8ten October. Neun Verſuche den 9ten Oktober. Sechs Verſuche den 10ten Oktober. Vergleichung der Verſuche mit der Rechnung. Bemerkungen über Rotationsverſuche in Bergwerken. Nachrichten über die tiefſten Gruben in Europa. Günſtiges Local zu dieſen Verſuchen in der Kuppel des Pantheons in Paris.

Verſuche zu Schlebuſch über die Umdrehung der Erde.

Dieſes Werk war ſchon zum Theil abgedruckt, als ich im Herbſt von 1803 die Kohlenbergwerke der Grafſchaft Mark beſuchte.

Die vortheilhafte Lage der Kohlenſchächte zu Rotationsverſuchen, und noch mehr die Ungewiſsheit, ob in der Theorie noch ein unbekannter Fehler ſey, oder aber in den Verſuchen von St. Michael, beſtimmte mich, dieſe Verſuche hier zu wiederholen.

Durch einen Brief, den ich um dieſe Zeit von Dr. *Olbers* erhielt, wurde ich in dieſem Entſchluſſe noch beſtärkt. „Ich habe nochmals, ſchrieb Dr. *O.*, über die Theorie fallender Körper bey der Rotation der Erde reiflich nachgedacht, aber in der Rotation liegt gewiſs kein Grund der ſüdlichen Abweichung, die Sie beobachtet haben. Und doch ſtimmt Ihre öſtliche Abweichung ſo ſchön mit der Theorie; doch ſind Sie dieſer ſüdlichen Abweichung ſo gewiſs, und doch fand *Guglielmini* das nämliche *). Sollte wohl in jedem

*) Bey G. lag der eigentliche Grund der groſsen Abweichung nach Süden und Oſten in einer Biegung des Thurms.

B.

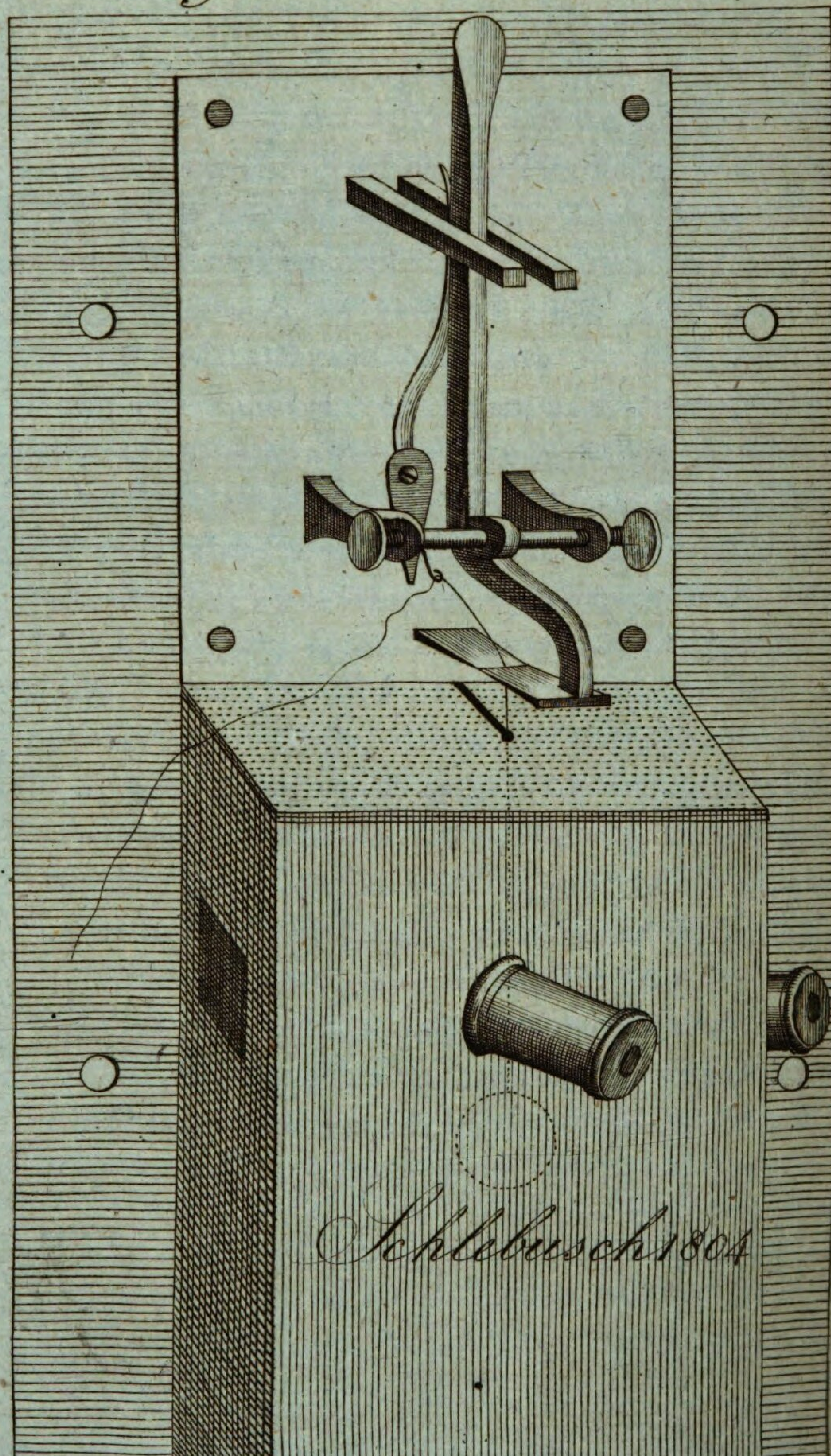
Thurme an sich durch eine ungleiche *Temperatur*, die darin herrscht, eine Ursache der südlichen Abweichung unabhängig von der Rotation liegen? Bey den so dicken Thurmmauern ist die Südseite, die mehr von der Sonne erwärmt wird als die Nordseite, vielleicht immer *wärmer*, als diese. Dieses kann theils einen kleinen beständigen Luftzug im Thurme veranlassen, oder doch wenigstens bewirken, dass in jeder horizontalen Luftschicht die Temperatur nicht ganz gleichförmig ist, sondern von Süden nach Norden ab-, mithin die Dichtigkeit der Luft von Süden nach Norden zu-nimmt. Freylich kann dieses alles nur sehr wenig betragen, aber es gehört auch nur eine sehr kleine constante Kraft dazu, um bey einem Falle von 235 Fuss eine Abweichung von 1,5 Linie hervorzubringen, eine Kraft, die nur $\frac{1}{22000}$ der Schwere zu seyn braucht."

Unter den Kohlenschächten der Grafschaft Mark ist der Kohlenschacht zur alten Rosskunst zu Schlebusch, im Bergrevier Wetter, einer der tiefsten. Seine seigere Teufe beträgt 42 Lachter oder 264 pariser Fuss.

Das Kohlenflötz, *der Trappe*, worauf er abgetäuft ist, ist hier bis auf's Wasser abgebaut, und es findet desswegen jetzt keine Kohlenförderung statt. Doch wird der Schacht noch fahrbar gehalten, weil, wenn über 5 Jahre der tiefe Erbstolle durchkommt, die Grube wieder in Betrieb gesetzt wird *).

*) Der tiefe Erbstollen, der jetzt von der Ruhr heraufgetrieben wird, löst die Wasser bis in die Mulde des Flötzes, und man wird, um das Tiefste zu erstrecken, dann Schächte bis zu 500 Fuss niederbringen.

zu Seite 409 Taf. VIII



Ich liefs mir zu diefen Verfuchen von Herrn *Schmits* in Solingen eine neue Zange zum Aufhängen der Kugeln verfertigen, die forgfältiger gearbeitet war, als die Hamburger. Sie ift Taf. VIII. in halber Gröfse abgebildet. Die Kugeln hingen an geplätteten Pferdehaaren in dem Brennpunkte zweyer zufammengefetzter Mikroskope, die inwendig ein Haarkreuz hatten.

Unter der Zange war ein 2 Fufs langer Kaften, der 4 Zoll im Durchmeffer hatte, und oben mit einem Brettchen, dafs einen Einfchnitt hatte, zugelegt wurde. In diefem hing die Kugel, die dadurch von jedem Luftzuge, der aus einer Bewegung des Beobachters entftehen konnte, gefchützt war. (An der Seite war eine kleine viereckige Glasfcheibe, wo die Beleuchtung durch die Fäden einfiel.) Unter dem vordern Mikroskop war ein kleines Thürchen, durch das man mit der Hand fuhr, wenn man die Kugel aufhing, oder fie ganz leife ftill halten wollte. Wenn man die Zange irgendwo im Haufe befeftigte, fo kamen die Kugeln nie zur Ruhe; felbft nach 24 Stunden fah man noch mikrofcopifche Schwingungen. Wurde die Zange in dem Keller befeftigt, und die Kugel mit aller Sorgfalt ftill gehalten: fo hing fie fchon nach $1\frac{1}{4}$ Stunde fo ruhig, dafs man in keinem der beyden Mikrofcope mehr Schwingungen fehen konnte.

Das Haar war hiebey 4 Zoll lang. Die Schwingungen, welche durch die Dröhnung entftehen, waren gewöhnlich der Sehlinie des vordern fo genau parallel, dafs man fie in diefem nicht fah, fondern nur in dem, was an der Seite war, auf deffen Sehlinie fie fenkrecht

gingen. Man ſieht hieraus, wie nothwendig es iſt, das Haar vor zwey Mikroſcopen ſpielen zu laſſen.

Ich glaubte, daſs die Haare Vorzüge vor den Seidenfäden hätten, und wählte deſswegen zum Aufhängen der Kugel Pferdehaare, da Menſchenhaare zu ſchwach ſind. Weil die Haare hohle Röhren ſind, ſo kniff die Zange da, wo ſie das Haar faſste, jedesmal die Wände zuſammen und machte eine Vertiefung. Um dieſes zu vermeiden, zog ich die Haare zwiſchen zwey heiſsen Eiſen durch. Die Haare wurden nun flach wie ein Band, und verloren ihre Höhlung. Dieſes Durchziehen hat auch noch das Gute, daſs jedes Haar, welches nicht völlig geſund iſt, zerbricht, welches angenehmer iſt, als wenn es dieſes nachher an der Kugel thut.

Ich lieſs mir eine Kugelform aus Meſſing gieſsen, (m. ſ, Taf. VII. Fig. 5.) welche Kugeln von $1\frac{1}{2}$ pariſer Zoll gab *).

Die Metallmiſchung beſtand aus zwey Theilen Bley, einem Theil Zinn, und etwas Zink. Der letztere wurde zugeſetzt, um das Metall härter zu machen, damit es nicht ſo leicht beym Drehen einen Eindruck von der Patrone annehmen möchte. Doch iſt es viel-

*) Ein kleiner Vortheil iſt, daſs man ſich die meſſingene Form maſſiv gieſsen läſst, und ſie nachher vor der Drehſpindel ausdreht. Man iſt hiebey weniger dem undicht Gieſsen ausgeſetzt, als wenn man die Halbkugel gleich mit hineingieſsen läſst. Dann muſs die Oeffnung, welche aus der obern Halbkugel in die untere Kugel geht, etwas weit ſeyn, damit beym Zuſammenziehen des Metalls das Flüſſige aus der obern in die untere nachflieſsen kann. Im entgegengeſetzten Falle wird die untere ſehr leicht unächt gegoſſen.

leicht beſſer, wenn man den Zink wegläſst, weil er das Metall kurzflüſsiger macht, und die Gefahr des undicht Gieſsens vermehrt.

Herr *Kaimer* in Wald goſs und drehte mir aus dieſer Miſchung 50 Kugeln, welche 16 pariſer Linien im Durchmeſſer hatten, und etwa 17 Loth wogen. Jede Kugel wurde ſorgfältig geſchliffen und polirt, und bis zum Gebrauch in einem eigenen kleinen Beutel verpackt. Die Befeſtigung des Haars war dieſelbe, als die der Seidenfäden bey den Hamburger Verſuchen. Oben in die Kugel wurde auf der Drehbank ein Loch von 2 Linien Durchmeſſer und 6 Linien Tiefe gebohrt. In dieſes wurde das Haar mit zwey kleinen hölzernen Pflöckchen befeſtigt. Man war hiebey ſicher, daſs das Loch auf den Mittelpunkt der Kugel zuging, und daſs der Schwerpunkt unterhalb dem Mittelpunkte lag.

Es vereinigten ſich bey dieſen Verſuchen mehrere Umſtände, welche hoffen lieſsen, daſs ſie genauer würden, als alle vorhergehende.

Die Luft im Schacht iſt ruhig, wenn er oben dicht zugedeckt iſt, und unten die Strecken mit Stroh abgeſchlagen ſind. Man hängt alſo nicht auf eine ſo ängſtliche Weiſe vom Wetter ab, als bey den Verſuchen in Kirchthürmen.

Dann iſt keine Dröhnung da, und man kann ſicher ſeyn, daſs die aufgehangene Kugel endlich zum Stillſtehen kommen muſs; da ſie hingegen auf den Thürmen in Bologna und Hamburg wieder anfing zu ſchwingen, wenn ſie ſchon einmal in Ruhe geweſen war.

Dieſe völlige Ruhe des Erdbodens findet man auf den Werken, wo keine Erz- oder Waſſerförderung

durch Kunstgezeuge in der Nähe ist. Dieses ist im Wetterschen Bergrevier der Fall, auf dem bis jetzt alle Wasser durch die tiefen Stollen gelöst werden.

Dann konnte ich im Bergwerke Licht und Mikroscope gebrauchen, und mich so von dem völligen Stillhangen der Kugel beym Loslassen überzeugen, welches in St. Michael nicht der Fall war. Dann ist die Fallhöhe 27 Fuss höher, als in Hamburg; und da zugleich Schlebusch 2 Grad südlicher liegt, und der Kohlenschacht also senkrechter gegen die Erdaxe steht, als der Thurm von St. Michael: so ist die Abweichung der Kugeln nach Osten auch bedeutend grösser, als in Hamburg.

Nach *Müllers* Charte von der Grafschaft Mark ist die Polhöhe von Schlebusch 51°, 25′. Da es nur 6 Minuten südlicher liegt, als die Londoner Sternwarte: so kann man die Pendellänge von dieser = 440,65 auch für die von Schlebusch nehmen. (Nach Dr. *Gauss* Formel würde sie = 440,666 Linien seyn). Die Pendellänge im Leeren wäre also ungefähr 440,75 Linien, und der Fallraum für die erste Sekunde 15,105 pariser Fuss. Die genaue Fallhöhe der Kugeln war 262 pariser Fuss. Durch diese fällt demnach ein Körper im Leeren in 4,1646 Sek. oder in 4 Sek. 9,87 Tertien.

Nach den Versuchen in St. Michael würde er im lufterfüllten Raume 4″,15‴,5 gebrauchen, um durch 262 pariser Fuss zu fallen. Also Unterschied zwischen dem luftleeren und lufterfüllten Raume = 5‴7. In dieser Zeit geht er mit der Geschwindigkeit von 1,88 Fuss in der Tertie durch 10,716 pariser Fuss = δ.

Hiernach ist die Abweichung zu Schlebusch nach der Formel von Dr. *Olbers*.

$$\frac{4\,\pi\,\text{cos.}\,\psi\,t\,(a - \frac{1}{2}\,\delta)}{3\,T}$$

log. 4 π = 1,099212

log. t (4″,164) = 619510

log. cos. ψ 9,794942 — 10

log. a — ½ δ

(262 — 5,36 F.)	2,406926	log. T =	4,935320
log. 144	2,158363	log. 3 =	0,477121
	6,078953		5,412441

log. 3 T = 5,412441

666512 = 4,64 par. Linien *).

Durch die freundschaftlichen Empfehlungen des Herrn Caspar *Harkort* erhielt ich vom Herrn Oberbergmeister *Crone* in Wetter die Erlaubniss zu diesen Versuchen, und zugleich den Befehl, dass der Schacht befahren und, wenn es nöthig sey, ausgebessert würde.

Am 15ten December 1803 ging ich hin. Die Witterung war sehr ungünstig; es hatte stark geschneit, und der Schnee ging wieder ab. In der Nähe des Schachts war kein Haus, wo ich mit meinem Gehülfen bleiben konnte, und ich musste jeden Morgen und jeden Abend eine halbe Stunde durch Holzwege gehen, um zu einen Bauern, Namens *Howar*, zu kommen,

*) Vielleicht ist die Abweichung ein wenig grösser, als 4,64 pariser Linien, weil der Widerstand der Luft im Schacht wohl etwas stärker ist, als im Michaelisthurm. Aber dieser Unterschied wird höchstens ein Zehntel Linie betragen können.

bey dem wir zur Herberge lagen. In der Kohlengegend ſind die Leute gewöhnlich ſehr an die Unreinlichkeit gewohnt, weil die Reinlichkeit da eine Tugend iſt, die faſt kein Menſch üben kann. Unſer Bauer und ſeine Frau und die kleine Familie hatten es aber zu einem beſonders hohen Grade im Gegentheil gebracht, und ihre Körper verbreiteten einen Dunſtkreis um ſich, der bey den ſchmierigen Kamtſchadalen wohl nicht ſchlimmer iſt.

Der Wetterzug war äuſſerſt ſtark im Schachte, wie das im Winter immer iſt, beſonders wenn es bey neblicht grauem Wetter friert. Um mich gegen das Ungemach der Witterung zu ſchützen, ſo lieſs ich mir ein kleines Häuschen von Brettern auf den Schacht ſetzen, deſſen Ritze mit Moos und Stroh verſtopfet waren.

Auſſen ſtanden zwey Pfoſten in der Erde, an die ein Brett genagelt war, welches mitten durch die Hütte ging, und mit dieſer in keiner Verbindung ſtand. An dieſes Brett wurde die *Zange* geſchraubt.

Ich hatte vorausgeſetzt, daſs der Schacht völlig ſenkrecht ſtünde. Als aber das Loth eingehangen wurde, ſo lehnte es unten an, und es fand ſich, daſs er etwa einen Winkel von 1° mit der ſenkrechten nach Nordweſt mache. Die Pfoſten mit dem Brette muſsten wieder ausgegraben und zwey Fuſs nach Süden geſetzt werden. Das Loth ging nun frey hinunter. Wäre die Neigung bloſs in der Breite des Schachts geweſen, ſo hätte ich die Verſuche gar nicht anſtellen können.

Unten ſtehen noch alle Kohlen um den Schacht, und bloſs zwey Gänge führen in die Strecken. Einer dieſer Gänge iſt zugemauert, und den andern ſtopfte

ich mit Strohbündeln zu. Aber es ist unmöglich, einen Schacht so dicht zu verstopfen, daſs *aller* Luftzug aufhört. In den niedrigen Schächten und in den Stollen zieht die Luft in die Erde, und in den höher liegenden zieht sie wieder heraus. Nach bekannten hydrostatischen Gesetzen muſs die leichtere Flüſsigkeit in der schwereren aufsteigen, es entsteht also im Schachte ein Saugen, und es würde ein luftleerer Raum entstehen, wenn die Luft durch die Strecken und die Stollen nicht nachfolgte.

Alles, was man thun kann, ist, daſs man der Luft den Durchgang so viel möglich erschwert. Wenn der Schacht oben dicht mit Brettern zugelegt und unten mit Stroh abgeschlagen war, so war die Lichtflamme ruhig. Nämlich die Bewegung der Luft, die jetzt nur durch ganz kleine Oeffnungen durchkonnte, war in diesen zwar sehr schnell, aber die ganze Luftmasse im Schacht, deren Durchschnitt etwa 36 Quadratfuſs war, bewegte sich so langsam, daſs sie eine Lichtflamme nicht mehr beugen konnte. Indeſs gehört die Lichtflamme nicht zu den feinsten Luftbewegungsmessern, denn sie biegt sich schon nicht mehr, wenn die Bewegung der Luft unter einem halben Fuſs in der Sek. ist.

Im Boden der Hütte war eine Oeffnung von 25 Quadratzoll, durch welche die Kugel fiel. Als der ganze Schacht zugelegt war, so zog die Luft, die keinen andern Ausweg hatte, sehr stark durch dieses Loch, obschon die Hütte möglichst dicht verschlossen war.

Um zu erfahren, welchen Einfluſs der Luftzug auf den Fall der Kugel hatte, stellte ich folgende Versuche an.

Den 16ten Dec. hing ich zwey Kugeln ganz kurz unter die Zange ohne Mikroſcope auf, und lieſs ſie 15 Minuten hangen. Die erſte fiel 8 Linien nach Norden und die zweyte 16 nach Oſten, und ſchlug eine Schraube entzwey, mit der das Pockholz - Brett befeſtigt war. Dieſes hatte zugleich eine Spalte bekommen, wovon es ſchon den Anfang in Hamburg hatte, und ich lieſs 2 eiſerne Bänder von 4 Linien Breite und 1 Linie Dicke darüber ziehen.

Den 17ten fiel die erſte Kugel 11 Linien nach Oſten, und 23 Linien nach Norden.

Die zweyte 17 Linien nach Weſten und 19 nach Norden.

Die dritte $4\frac{1}{4}$ Zoll nach Weſten und 2 Zoll nach Süden.

Die vierte $4\frac{1}{2}$ Zoll nach Weſten und 4 Linien nach Süden.

Die fünfte 3 Zoll nach Südoſt. Sie ſchlug das Pockholzbrett und beyde eiſerne Bänder entzwey. Die Verſuche wurden geſchloſſen.

Bey den letzten Verſuchen war der Schacht an der Seite ein wenig geöffnet, und der Luftzug in dem Loche, wo die Kugel durchfiel, hatte faſt ganz nachgelaſſen; aber im Schachte ſelbſt zog die Luft nun um ſo ſtärker.

Durch dieſe Verſuche hatte ich mich überzeugt, daſs alle miſslingen würden, wenn ich die Bewegung der Luft nicht hemmen könnte.

Es war hiezu nur ein Weg. Ich muſste oben den Schacht völlig zumachen, das kleine Häuschen verlaſ-

ſen, und die Kugeln im Schacht ſelbſt aufhängen und loslaſſen.

Im Fahrſchacht iſt 8 Fuſs unter Tage die erſte Ruhe. Neben dieſe ſchnitt ich eine Oeffnung in die Bretter, welche den Fahrſchacht vom Treibſchacht ſcheiden. Die Zange befeſtigte ich auf ein Brett, welches queer durch den Treibſchacht ging, und ich konnte nun die Kugeln im Treibſchacht einhängen und loslaſſen. An dieſer Seite ſteht der Schacht ziemlich ſenkrecht, und die Kugeln fielen etwa $1\frac{1}{2}$ Fuſs von den Brettern vorbey, mit denen der Fahrſchacht vom Treibſchacht abgeſchlagen iſt.

Oben wurde nun der Schacht recht dicht zugelegt, und die Luft war überall ſo ruhig, daſs ſich nirgends die Lichtflamme bewegte.

Ich hatte um das Pockholzbrett wieder neue Reifen ziehen laſſen, und ich konnte den 19ten Dec. wieder 8 Kugeln fallen laſſen.

Ich glaubte nun ſicher, daſs ſie unten alle auf einen Fleck treffen würden, allein ſie fielen nicht nur um mehrere Zoll, ſondern um mehrere Fuſs von der Lothlinie ab, und ein Paar kamen ſogar mit Prellungen unten an.

Die Urſache hievon habe ich nicht entdecken können, und bey allen Unterſuchungen, die ich mit dem Loth und dem Lichte anſtellte, konnte ich nichts finden, was der Kugel im Wege ſey.

Ich vermuthe, daſs dieſe Störungen der Kugel von dem hineintröpfelnden Tagewaſſer kamen. Wenn dieſe auf die *Zimmerung* fallen, ſo zerſpringen ſie in kleine Tröpfchen, die zwar wenig Maſſe, aber eine

grofse Gefchwindigkeit haben. Springt ein folches Tröpfchen auf die vorbeyfallende Kugel, fo wird diefe dadurch natürlich fehr von ihrem Wege abgelenkt.

Ich fahe mich nun genöthigt, der ungünftigen Jahrszeit zu weichen, und die trockenen Sommermonate abzuwarten, von denen ich hoffte, dafs man in ihnen diefe Verfuche mit mehr Erfolg würde anftellen können.

Anfangs April ging ich nach Schlebufch, um die Trockenheit der Bergwerke zu unterfuchen. Es war der Wunfch der Verleger, und auch der meinige, diefe Verfuche noch vor der Oftermeffe zu vollenden, weil fie fchon im Mefskatalog angezeigt waren. Aber ich fand die Gruben noch eben fo nafs, als im Winter, weil der ftarke Schnee, der gegen Ende Februars fiel, mehr Waffer hineingebracht, als die Märzwinde weggetrocknet hatten. Eben fo nafs fand ich fie noch in der Mitte des Mai, wo ich wieder hineinging.

Der Sommer war fehr nafs, und ich fürchtete fchon die Unmöglichkeit, fie diefes Jahr vollenden zu können. Aber mit Ende Auguft fiel eine anhaltende Trockenheit ein, die bis in den Oktober ununterbrochen fortdauerte.

Als ich am 4ten Okt. wieder nach Schlebufch kam, fo verficherten mich die Bergleute, dafs es jetzt fo trochen in den Gruben fey, als es je werde.

Der 5te und 6te gingen mit Vorbereitungen zu den Verfuchen hin. Ich mufste oben einen zweyten Boden in den Schacht legen, um die Kugeln in die Mitte und unter Tage aufhängen zu können; dann mufsten die Fahrten ausgebeffert werden, die diefes

sehr bedurften. Bey meinem ersten Einfahren brach eine Sprosse, und sehr nahe hätte sich eine ganze Leiter losgerissen, die nur noch an einer Klammer hing.

Die Wetter waren jetzt sehr ruhig, weil die Atmosphäre beynahe dieselbe Temperatur hatte, als die in den Gruben. Das Wasserträufeln hatte sehr abgenommen, doch noch nicht völlig aufgehört. Vorigen Herbst nach dem langen trockenen Sommer war es doch noch trockener, obschon auch damals noch Tröpfelwasser fiel.

Ich hatte mir ein neues Brett aus Pockholz schneiden lassen, welches drey Zoll dick war, und alle Kugelprallungen aushielt. Die Art, es zu befestigen, und die Lothlinie zu bestimmen, war dieselbe, als in Hamburg. Nur strich ich nicht wie ehemals Kreide auf's Brett, sondern machte es bloss nass. Die Kugel schlug dann auf die nasse Fläche einen sehr schönen trockenen Kreis von 11 Linien im Durchmesser. Das Brett bekam bey allen Versuchen keine Risse. Es war dicker, als das in Hamburg, und dann legte ich zwischen dieses und das unten liegende Brett einige Strohhalme, um die starke Dröhnung beym Aufschlagen der Kugeln zu schwächen.

Herr *Kaimer* im Wald war mein Gehülfe. Er liess oben die Kugeln los, und ich beobachtete unten ihr Aufschlagen.

Den 7ten Oktober gegen Mittag liessen wir die erste Kugel fallen. Sie fiel $11\frac{1}{2}$ Linie nach Norden und 3 Linien nach Westen. Die Kugel hatte $\frac{3}{4}$ St. gehangen. Sie machte noch kleine mikroscopische Schwin-

gungen, als sie losgelassen wurde. Das Haar, an dem sie hing, war zwischen 4 und 5 Zoll lang.

Die zweyte Kugel fiel $14\frac{1}{2}$ Linie nach Norden und 12 nach Osten. Sie hing 57 Minuten, und machte beym Loslassen noch sehr kleine mikroscopische Schwingungen.

Bey beyden Kugeln hörte Herr *Kaimer*, wie das Haar beym Loslassen inwendig auf die Spitze der Mikroscope schlug. Bey der Länge, die das Haar hatte, und bey der starken Spannung, in die es die Kugel brachte, war dieses Aufschlagen gar nicht zu vermeiden. Dieses und dann die grosse Langsamkeit der Versuche, wo man jedesmal eine Stunde warten musste, und denn doch am Ende noch nicht sicher war, dass die Kugel still hing, bestimmte mich die Mikroscope zurückzuziehen, und die Kugel dicht unter der Zange aufzuhängen, so wie dieses in Bologna und Hamburg geschah. Wenn das Haar nur 1 oder 2 Linien lang ist, so kommt die Kugel bald zur Ruhe.

In 5 Minuten sieht man schon keine Schwingungen mehr, wenn die Kugel leise still gehalten ist, und ich liess sie dann noch 5 bis 9 Minuten hängen, ehe sie losgelassen wurde. Auf diese Weise glaubte ich sicher zu seyn, dass die Kugel in einer Viertel-Stunde kleinere Schwingungen machte, als bey 5 Zoll langen Haaren in einer Stunde. Mikroscope kann man hiebey nicht gut anbringen, weil der Faden zu kurz ist, um in den Brennpunkt gebracht zu werden, und die Kugel lässt sich nicht gut mit zusammengehängten Vergrösserungsgläsern betrachten, weil sie immer das Licht der Beleuchtung verdeckt.

Die dritte Kugel fiel 5 Linien nach Norden und 3 nach Osten.

Die vierte fiel $2\frac{1}{4}$ Zoll nach Südost. Weil das Grubenlicht aus Mangel des Oels löschte, so mussten für heute die Versuche geschlossen werden.

Den 8ten Oktober.

Die erste Kugel fiel 4 Linien nach Norden, 13 Linien nach Osten.

Die zweyte $1\frac{1}{2}$ L. nach Norden, 20 L. nach Osten.

Die dritte 2 L. nach Süden, 2 L. nach Westen.

Die vierte 9 L. nach Süden, $11\frac{1}{2}$ L. nach Osten.

Die fünfte 4 L. nach Westen, $\frac{1}{2}$ L. nach Süden.

Die sechste 15 L. nach Süden, 2 L. nach Osten.

Die siebente $2\frac{1}{4}$ Zoll nach Südost. Ich werde sie beym Mittel auslassen.

Die achte fiel 8 L. nach Norden, 2 nach Osten.

Die neunte 5 L. nach Süden, 12 nach Osten.

Die zehnte $13\frac{1}{2}$ L. nach Norden, 7 L. nach Osten.

Die eilfte $3\frac{1}{2}$ L. nach Norden, $13\frac{1}{2}$ nach Osten.

Die zwölfte 11 L. nach Osten, $\frac{1}{2}$ L. nach Süden.

Die Versuche wurden für heute geschlossen, und die Zange, die sich vorher nach Südost öffnete, an die andere Seite des Bretts geschraubt, so daß sie sich bey den folgenden Versuchen nach Nordwest öffnete. Ich that dieses, um die etwaigen beständigen Fehler zu vermeiden, die in der Lage der Zange ihren Grund hätten haben können.

Den 9ten Oktober.

Ich hatte an mehreren Kugeln statt der Haare Seidenfäden gemacht, um zu sehen, ob diese noch besser

fielen. Die Haare haben die Unart, daſs ſie durch die Zange langſam durchgleiten, wenn ſie ſehr gut gepreſst und daher ſehr hart und glatt ſind. Sind ſie weniger hart gepreſst, ſo halten ſie beſſer in der Zange, aber dieſe macht dann einen kleinen Eindruck in's Haar.

Die erſte Kugel hing 10 Minuten am Seidenfaden. Sie fiel 8 Zoll nach Süden neben das Pockholzbrett. Dieſe groſse Abweichung rührte von einer fremden Urſache her, vielleicht von einem aufſpringenden Tröpfchen Waſſer. Da die Kugel nur auf Eichenholz fiel, ſo hatte ſie nichts gelitten. Ich lieſs ſie nachher zum zweytenmal fallen, wo ſie eben ſo gut fiel, als die übrigen.

Die zweyte fiel 9 L. nach Oſten, und 13 nach Norden.

Die dritte fiel 8 L. nach Weſten, und 4 L. nach Süden. Sie hing ganz kurz.

Die vierte 8 nach Oſten und 8 nach Norden. Die Seide war über der Zange abgebrannt.

Die fünfte fiel 11 L. Oſten, 20 nach Süden. Da ſie mehr abweicht, als die übrigen: ſo iſt es wohl ſicherer, daſs man ſie nachher beym Mittel wegläſst.

Die ſechſte fiel 10 L. nach Oſten und 10 nach Norden.

Die ſiebente hing 15 Minuten. Sie fiel 7 Linien nach Oſten und 13 L. nach Süden.

Die achte Kugel hing 10 Minuten. Sie fiel $7\frac{1}{2}$ L. nach Oſten, und 11 L. nach Süden.

Die neunte hatte ſich um die Hälfte gedreht. Sie fiel 21 L. nach Süden und 13 nach Oſten. Ich werde ſie beym Mittel weglaſſen.

Die zehnte fiel 6 L. nach Osten und 19 L. nach Norden. Die Seide war über der Zange abgebrannt.

Alle diese Kugeln hingen an Seidenfäden. Die folgenden hingen an Pferdehaaren. Das Loth wurde wieder eingehangen und die Senkrechte genau berichtiget.

Die eilfte Kugel fiel $8\frac{1}{2}$ L. nach Süden und 2 L. nach Westen.

Die zwölfte fiel 11 L. nach Osten, $\frac{1}{2}$ L. nach Süden.

Die folgenden 4 Kugeln waren von einer geringeren Güte, und fielen zum Theil sehr schlecht. Ich werde sie beym Mittel weglassen.

Die erste fiel 25 L. nach Osten und 14 nach Süden.

Die zweyte fiel 24 L. nach Osten und 17 L. nach Süden.

Die dritte fiel 7 L. nach Süden und 18 nach Osten. Sie hatte sich so gedreht. dass oben untenhin gekommen war.

Die vierte fiel 4 Zoll nach Nordwest, und schlug eine Schraube entzwey. Sie war inwendig hohl.

Versuche den 10ten Oktober.

Die erste Kugel hing 10 Minuten. Sie hatte einige kleine Gussfehler, und fiel 30 Linien nach Westen und 6 nach Süden.

Die zweyte Kugel fiel 4 L. nach Westen und 15 L. nach Süden.

Die dritte fiel 9 L. nach Westen und 6 nach Süden. Beyde waren sehr schöne Kugeln, und hingen 25 Min.

Die vierte fiel 10 L. nach Westen und 7 nach Süden. Sie hing 15 Minuten.

Die fünfte fiel $8\frac{1}{2}$ L. nach Osten und 8 nach Norden. Sie hing 10 Minuten.

Die sechste war beschädigt. Sie fiel 32 L. nach Westen und 16 L. nach Süden.

Die siebente fiel 10 L. nach Osten und 6 L. nach Süden. Sie hing 10 Minuten.

Die achte Kugel war dieselbe, welche den Tag vorher 8 Zoll nach Süden auf ein Eichenbrett fiel. Sie fiel jetzt $5\frac{1}{2}$ L. nach Osten und $4\frac{1}{2}$ L. nach Norden *).

*) Ich liefs nun noch einige Kugeln fallen, die schon einmal auf Pockholz gefallen waren, und auf diesem eine Fläche von 11 Linien Durchmesser erhalten hatten.

Die erste fiel 2 1/2 Zoll nach Westen.

Die zweyte 14 Linien nach Norden und 6 L. nach Osten.

Die dritte 21 L. nach Osten, 6 L. nach Süden, und fiel wieder auf die alte Fläche.

Die vierte fiel 2 Fufs auf die Seite.

Die fünfte fiel 6 Zoll nach Süden.

Die sechste fiel 4 Fufs nach Süden.

Einige dieser Kugeln waren an's Herumdrehen gekommen, und dann gingen sie sehr schief. Keine einzige von allen Kugeln war so gefallen, dafs der Faden genau oben blieb. Alle hatten sich um 15, 20 bis 25 Grad gedreht. Indefs thut dieses nichts, weil die Stelle, wo der Faden festgemacht ist, doch immer in der hinteren Seite der Kugel bleibt, so lange die Drehung nicht über 90 Grad ist. Ist sie gröfser, und kommt die Stelle, wo der Faden ist, vorne, dann weicht sie sehr ab. Bey den Kugelbüchsen ist inwendig im Lauf ein Zug, welcher der Kugel eine drehende Bewegung in der Richtung ihres Weges gibt und sie verhindert, auf die Seite zu gehen, auf den Fall, dafs ihre Figur unvollkommen ist. Es wäre vielleicht vortheilhaft, bey Rotationsversuchen der Kugel vor dem Loslassen auch so eine drehende Bewegung um ihre senkrechte Axe zu geben,

Dieſes war die letzte Kugel. Die Lothlinie würde nun noch einmal beſtimmt, und die Fallhöhe der Kugeln zum zweytenmal gemeſſen. Und ſo ſchloſs ich den 10ten Oktober des Nachmittags um 3 Uhr bey ſehr mildem und heiterem Wetter eine Reihe Verſuche, auf deren glückliche Beendigung ich mich ſchon lange gefreut hatte.

Wenn man dieſe Verſuche oberflächig anſieht, ſo glaubt man, daſs ſich aus ihnen nicht viel für oder gegen eine Frage folgern laſſe, welche ſich um die geringe Gröſse von 4,6 Linien dreht. Wenn man aber bedenkt, daſs man eigentlich nicht dieſe beſtimmen will, ſondern die Summe von 29 Abweichungen, welche über 11 Zoll beträgt: ſo ſieht man leicht, daſs ſich dieſe mit aller Sicherheit aus Verſuchen herleiten läſst, die einzeln genommene Abweichungen vom Mittel haben, die dreymal ſo groſs ſind, als die Gröſse von 4,6 Linien, über die entſchieden werden ſoll. — Wenn die Erde ſich um ihre Axe dreht, ſo iſt eine Urſache da, welche jede Kugel um 4,6 Linien von der Lothlinie nach Oſten treibt. Dieſes gibt eine beſtändige Abweichung, die ſich in der Summe unter den andern unvermeidlichen Fehlern finden muſs, weil dieſe nicht beſtändig nach einer Seite hinfallen, und ſich daher in einer groſsen Reihe Verſuche immer gegen einander aufheben, und um ſo mehr, je gröſser die Reihe iſt.

wodurch der Fehler aufgehoben würde, den die mangelhafte Kugelgeſtalt auf die Richtung des Falls hätte. Aber es würde ſchwer ſeyn, einen Mechanismus auszuſinnen, in dem die Kugel bey der Mittheilung der Axendrehung keine Richtung nach der Seite erlitte.

Folgende Tafel enthält alle Versuche, wobey nur die als fehlerhaft ausgelassen sind, welche mehr als 2 Zoll von der Lothlinie abwichen.

1804	Okto-ber.	Num-mer.	Nord.	Süd.	Ost.	West.
	7	1	11,5	—	—	3
	—	2	14,5	—	12	—
	—	3	5	—	3	—
	8	4	4	—	13	—
	—	5	1,5	—	20	—
	—	6	—	2	—	2
	—	7	—	9	11,5	—
	—	8	—	0,5	—	4
	—	9	—	15	2	—
	—	10	8	—	2	—
	—	11	—	5	12	—
	—	12	13,5	—	7	—
	—	13	3,5	—	13,5	—
	—	14	—	0,5	11	—
	9	15	13	—	9	—
	—	16	—	4	—	8
	—	17	8	—	8	—
	—	18	10	—	10	—
	—	19	—	13	7	—
	—	20	—	11	7,5	—
	—	21	19	—	6	—
	—	22	—	8,5	—	2
	—	23	—	0,5	11	—
	10	24	—	15	—	4
	—	25	—	6	—	9
	—	26	—	7	—	10
	—	27	8	—	8,5	—
	—	28	—	6	10	—
	—	29	4,5	—	5,5	—
	Summa		124	103	189,5	42

Die Summe der Abweichungen nach Osten betrug
also - - 189,5 Linien
die nach Westen 42

also bleibt 147,5 p. L. Abweichung nach Osten

Nach der Rechnung hätte die Summe d. Abweichungen in 29 Versuchen jede zu 4,64 p. L. betragen sollen - - 134,7 p. Linien

also Unterschied 12,8 p. Linien.

Die Rechnung gab die Summe der Abweichungen zu 11⅛ Zoll an und die Erfahrung zu 12¼. Der Unterschied zwischen beyden beträgt demnach nur $\frac{1}{12}$ des Ganzen.

In Ansehung der Abweichungen nach Süden, so betrug diese 103 pariser Linien
und die nach Norden 124

also Unterschied 21 Linien.

Dieses beträgt auf jede einzelne Kugel 0,7 Linien. Es fand also bey diesen Versuchen keine Abweichung nach Süden Statt, und diese $\frac{7}{10}$ Linie Abweichung nach Norden sind Fehler der Versuche, die gar nicht zu vermeiden waren.

Die Abweichung nach Osten beträgt im Mittel aus alten Kugeln 5,1 Linie. Und so viel liegt der Punkt, um den die Kugeln fielen, östlich vom Lothpunkt. Nimmt man an, dass die Erde sich um ihre Axe dreht, so muss dieser Punkt 4, 6, Linien östlich lie-

gen. Der Unterschied, zwischen dieser Voraussetzung und zwischen der Erfahrung, beträgt demnach nur eine halbe Linie. — Nimmt man hingegen an, dafs die Erde sich nicht um ihre Axe drehn, so läfst sich keine Ursache angeben, warum die Kugeln mehr öftlich von der Lothlinie fielen, als die halbe Summe der öftl. u. weftlichen Abweichung $\frac{1}{2}(189 + 42) = 115$ Linien. Die halbe Summe der nördlichen und füdlichen $\frac{1}{2}(124 + 103)$ beträgt 113 Linien. Der geringe Unterschied von 2 Linien zwischen diesen beyden Summen beweifst dieri chtige Auswahl der Versuche, aus denen das Mittel genommen ift*).

Ich will diesen Abschnitt mit einigen Bemerkungen über die Rotationsverfuche in Bergwerken schliefsen, und dann einige Nachrichten über die tiefften Gruben in Europa beyfügen, so wie ich sie mir gelegentlich bemerkt habe.

Die Versuche in Bergwerken haben in mancher Hinsicht Vorzüge vor denen in Thürmen, aber manches ift auch wieder in Thürmen ungleich vortheilhafter.

Hiehin gehört besonders die Reinlichkeit, die bey so feinen Versuchen nicht darf vermifst werden, und die in den Gruben so schwer zu erhalten ift. Von dem Anfassen der schmutzigen und nassen Sprossen, beym Hinab- und Heraufsteigen, werden die Hände ganz mit Koth überzogen, und man macht ungeachtet des beftändigen Waschens doch alles schmutzig, was man anfafst.

*) Wollte man die am meiften abweichende Kugel Nro. 21 ausschliefsen, so ift das Mittel aus den übrigen 28 von 5,06 Linien nach Often und 0,007 Linien nach Norden.

Dann ist es sehr leicht, daſs man bey der Finsterniſs, bey dem Schmutz und bey der Näſſe, die einen in den Bergwerken von allen Seiten umgeben, etwas überſieht, was man in den trockenen, reinlichen Räumen des Thurms leicht bemerkt. So habe ich einmal im Bergwerke einen kleinen Fehler in der Lothlinie überſehen, von dem es im Michaelisthurm unmöglich geweſen wäre, ihn nicht zu bemerken.

Dann iſt einem das Leiternſteigen anfangs ſehr beſchwerlich, und das Alleinſeyn unter der Erde unangenehm, wo man gar nichts hört als das Tröpfeln der Grubenwaſſer; beſonders wenn man ſich denkt, daſs einem das Licht ausgehn, und daſs wegen der feuchten Finger und des feuchten Zunders das Feuerzeug einem verſagen würde. — Doch gewöhnt man ſich hieran ziemlich bald. Nach drey Tagen fühlte ich keinen Schmerz mehr in den Achſelmuskeln, und im Bergwerke war ich bald ſo bekannt, daſs ich lieber im Finſtern hinausfuhr, als mit einem Lichte. Im Grunde iſt dieſes auch immer ſicherer, weil man ſich denn bloſs auf ſein Gefühl verläſst, und vom Lichte nicht verblendet und zerſtreut wird *).

*) Nur eines ſehr unangenehmen Gefühls erinnere ich mich, als mich einmal beym Hinausfahren eine Ohnmacht anwandelte, da ich ungefähr halbweg im Fahrſchachte war. Wegen der kurzen Tage aſsen wir nicht zu Mittag, und mein Gehülfe lieſs mir gewöhnlich gegen zwölf, an einer Schnur, etwas Butterbrod herunter. Ich hatte an dem Tage anhaltend unten gearbeitet, und wenig gegeſſen, und als ich nun hinausfuhr, wurde ich laſs; die Idee, im Fall einer Ohnmacht, von menſchlicher Hülfe ſo ferne zu ſeyn, und an der Seite

Was das Steigen in Bergwerken betrifft, so ist dieses nicht so beschwerlich, als das Treppensteigen in Thürmen, weil hier die ganze Last des Körpers bloss durch die Wadenmuskeln muss gehoben werden, dahingegen in einem Bergwerke sie zwischen den Aermen und den Füssen vertheilt ist, und der grösste Theil von jenen in die Höhe gezogen wird *).

nur durch eine faule Bretterwand von dem Abgrund des Treibschachts geschieden, aus dem keine Erlösung ist, — dieses wirkte so lebhaft auf meine Phantasie, dass ich sicher ohnmächtig geworden wäre, wenn ich mich zur Ruhe begeben hätte. Ich rief, aber ich war noch zu tief, als dass mich jemand verstehen konnte, und jetzt löschte auch noch das Licht aus. Aus Angst vor der Ohnmacht hielt ich mich stark am Steigen, bis endlich der wohlthätige warme Schweiss ausbrach, und mir wieder wohl wurde. — Als ich herauf kam, so hatten meine Gefährten sich oben auf den Kohlenhalden ein Feuer aus altem Zimmerholz angemacht, und bey einem Bauern Kartoffeln geholt, die sie eben brieten.

Die Furcht vor diesem unangenehmen Gefühl kehrte indess noch ein Paar Tage jedesmal zurück, so oft ich aus der Grube fuhr, und an die Stelle kam. — Doch bald verlor sie sich völlig; ob hierzu ein kleiner Flaschenkeller von altem Rheinwein half, den ich mir unten anlegte, oder ob eine Verkältung, die ich mir einige Tage vorher zugezogen, und die sich jetzt verlor, mit Ursache gewesen war? Wenn man nicht völlig wohl ist, so fürchtet man sich vor allem mehr als sonst, und hieran kann man oft sichrer sein Befinden prüfen, als an dem Eudiometer den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre.

*) Der Schacht zu Schlebusch hat 14 Fahrten, jede von drey Lachter. Am Ende jeder Fahrt liegt ein Brett (vom Bergmann Ruhe genannt) in dem eine Oeffnung ist, durch welche man auf die andere Fahrt steigt, die an der entgegengesetzten Seite des Schachts ist. Tiefer als 21 Fuss kann man da-

Schlimmer ist der Wetterzug und das Wassertröpfeln, dessen man in Thürmen ganz überhoben ist. Das Wassertröpfeln war vorigen Winter so stark, daſs ich jedesmal, so oft ich in der Grube war, ganz durchnäſst wurde, und das Glas der Magnetnadel lag oft so voll Wassertropfen und Kohlengestübe, die diese mit fortgerissen, daſs ich keinen Theilstrich mehr sehen konnte.

Dieses ging im Oktob besser, als die Gruben trockener geworden waren, aber der feine Wasserstaub, der doch noch immer fiel, obschon äuſserst dünne, machte mir doch noch immer viel zu schaffen Ich glaube, daſs dieser die Ursache war, daſs die Fehlergränze bey meinen Versuchen nicht so enge wurde, als die bey *Guglielminis* Versuchen in Bologna. Denn dieses abgerechnet, so waren alle übrige Umstände zu Schlebusch den Versuchen doch eben so günstig, und vielleicht noch günstiger als im Thurme Asinelli. Auch die gröſsen Abweichungen der Kugeln, die oft meh-

her nicht wohl fallen, weil das Loch in der Ruhe so enge ist, daſs man kaum durchkriechen kann.

Die einzige Gefahr ist nur oben, wo die Bretter zwischen dem Fahrschacht und Treibschacht so mürbe sind, daſs, wer dagegen fällt, auch durchschlägt. Unten, wo sie beständig naſs sind, sind sie so fest, als wenn sie noch neu wären. Das beständige Durchkriechen durch die Ruhe macht das Steigen beschwerlich, und die Schächte würden viel kommoder im Fahren seyn, wenn man nur alle 6 Lachter eine Ruhe hätte. Uebrigens muſs man nicht unterlassen, beym Hinab- und Hinaufsteigen die Fahrten zu zählen; vergiſst man dieses, so fällt einem der Weg sehr lang, weil man dann gar nicht weiſs, wie viel man noch zu steigen hat.

rere Zoll betrugen, ohne daſs ſich eine Urſache davon angeben lieſs, ſetze ich auf Rechnung gröſserer Tropfen, die entweder im Vorbeyfallen gegen die Kugel ſprangen, oder die die Kugel bey ihrem Falle traf. Daſs dieſe Abweichung ihren Grund weder in einer fehlerhaften Form der Kugel noch in der Art des Aufhängens und Loslaſſens hatte, das ſieht man an Nro. 1 am 9ten Okt., welche bey ihrem erſten Fall 8 *Zoll* abwich, und beym zweyten ganz gut fiel.

Der Schacht wäre viellicht ganz trocken geweſen, wenn er völlig durch feſtes Geſtein niedergebracht wäre. Aber oben ſtreicht noch ein Kohlenflötz durch, dem die Tagewaſſer auf ſeinem Einfallenden folgen, und dann, wann ſie an den Schacht kommen, niedertröpfeln. Dieſes Tröpfeln würde ſich nun durch groſse Mühe und Koſten haben abändern laſſen. Man hätte von einer Höhe von 150 Fuſs, wo das Flötz durchgeht, eine doppelte Reihe Querpfoſten den ganzen Schacht hinunter ins Geſtein ſchlagen müſſen, und über dieſe Bretter nageln. Man hätte dann im Schachte eine Röhre von 2 Fuſs Durchmeſſer erhalten, durch welche die Kugeln gefallen wären, und die das Waſſer von ihnen abgehalten. Um dieſes machen zu können, hätte man oben wieder ein neues Gewinde auf den Schacht bauen müſſen; und um alles vollſtändig zu haben, hätte man unten die Strecken mit Brettern abbauen müſſen, hinter die Leim geſtampft wird, um den Durchgang der Luft völlig zu hindern. Dieſes alles hätte ich aber nicht wohl unter 200 oder 300 Thaler machen laſſen.

Was diese Versuche noch besonders schwierig für mich machte, das war die Entfernung meines Wohnorts von 4 Meilen vom Schlebuscher Kohlenschacht. Wenn man nahe bey dem Orte wohnt, wo man die Versuche anstellt, so kann man die ungünstigen Umstände mit der Despotie seines Willens zwingen, und die Versuche so oft wieder aufs neue anfangen, und sie so lange beharrlich fortsetzen, bis man alle schwierigen Umstände entdeckt und überwunden hat, wo sich die Versuche dann endlich zum Ziele legen müssen. Denn auch die schwierigsten Versuche müssen endlich der Ueberlegung und der Beharrlichkeit weichen. Nur mit der Entfernung wachsen die Schwierigkeiten in einem Grade, wie man kaum glaubt, und ein unbedeutender Umstand, z. B. das Verlieren einer Linse aus einem Mikroscope, der zu Hause kaum eine Viertel Stunde Aufenthalt gibt, — kann einem in der Fremde einen Tag kosten. — Hätte Schlebusch bey Schöller gelegen, so hätte ich die gefallenen Kugeln gleich umgegossen, und aufs neue drehen lassen. Aber jetzt muſste ich mit der 20sten schlieſsen, obschon das Wetter ein paar Tage günstig blieb. Aber 8 Tage nachher fing es wieder so stark an zu regnen, daſs nun keine Versuche mehr vor dem Winter hätten können gemacht werden.

Ohne die freundschaftliche Aufmerksamkeit von Hrn. *Harkort*, der nur eine Stunde von Schlebusch wohnt, würde ich diese Versuche vermuthlich gar nicht haben anstellen können. Indem dieser den Wünschen, die die physische Existenz betrafen, auf alle

mögliche Weiſe zuvorkam, ſo konnte ich meine Aufmerkſamkeit ungetheilt den Verſuchen ſchenken.

Es giebt viele Bergwerke, die ungleich tiefere Schächte haben, und daher zu dieſen Verſuchen noch vorzüglicher ſind, als die alte Roſskunſt zu Schlebuſch. Nur iſt es ſchwer, dieſe Verſuche auf einem Schachte zu machen, der noch in Betrieb ſteht, theils wegen der Stöhrung, welche die Bergknappen und die Erzförderung machen, theils wegen der Dröhnung, die die Erde in der Nähe der Kunſtgezeuge hat, wo die Waſſer mit Pumpen gehoben werden.

Nach Freyherrn v. *Dankelmann* war die tiefſte Grube in Sachſen, die *alte hohe Bircke*, welche im Jahr 1744 wegen der Waſſer auflaſsig wurde, und 276 Lachter ſeigere Teufe einbrachte. Dieſes ſind 1597 pariſer Fuſs.

Die reiche Silbergrube: *beſchert Glück* im Erzgebirge, bringt nach *Daubuisson*, 230 Lachter ſeigere Teufe ein. Auf dem Richtſchachte werden täglich 72 Tonnen mit dem Pferdegöpel von 200 Lachter Teufe gefördert. Dieſes ſind - 1157 par. Fuſs

Auf dem Harze iſt die tiefſte Grube der *Thurm Roſenhof*. Das Geſenk iſt 254 Lachter unter der Hängebank: alſo ungefähr - - - 1580 par. Fuſs *).

Die Grube Dorothea bey Clausthal hat im Geſenk 186 Lachter, oder 1157 par. Fuſs.

Im Rammelsberge ſind die tiefſten Baue 140 Lachter unter Tage, oder - 870 par. Fuſs.

*) Wenn man das Lachter zu 7 Calenberger Fuſs rechnet. Ich habe die Gröſse des Harz-Lachters nirgend angegeben gefunden.

Der Föderschacht auf der Grube *St. Lorenz* hat 138 Lachter Teufe, od.	860 par. Fuſs.
Die Grube Catharina Neufang und Samſon zu Andreasberg haben 246 Lachter Teufe oder	1344 par. Fuſs.

Doch würden auf dem Harze die Verſuche über die Umdrehung der Erde ſchon deswegen nicht zu machen ſeyn, weil die Waſſer mit Pumpenſäzen aus den Gelenken auf die Stollen gehoben werden, und alſo die Schächte Dröhnung haben, — und dann werden die Schächte da ſelten durchaus ſeiger abgeteuft, ſondern richten ſich nach dem Einfallenden des Hängenden, wo dann die Tonnen auf Latten ſchleppen.

Der Schacht auf der Grube: der *alte Seegen Gottes*, zu Gersdorf hat eine Teufe von 120 Lachter und geht völlig ſeiger, jedes Lachter zu 80 Leipz. Zoll gibt	694 par. Fuſs.
Die Grube: *neuer Morgenſtern*, zu Freyberg hat 80 Lachter im Schacht oder	463 par. Fuſs.
Die Eiſengruben in dem Bergwerk zu Danemora in Schweden haben eine Teufe von 480 ſchwed. Fuſs oder	439 par. Fuſs.
Die Kohlengruben zu Newcaſtle haben nach Williams 120 Lachter Teufe oder	670 par. Fuſs.
Der Carlsſchacht im alten Bleyberge zu Mittlar im Oberbergiſchen hat ungefähr 70 Lachter oder	420 par. Fuſs.

*

Eben so tief ist der Kunstschacht auf dem Kohlenbergwerk zu Eschweiler bey Achen. *)

Ich habe irgendwo gelesen, dass die Gruben in Böhmen die tiefsten in Europa wären. Aber wie tief sie sind, das habe ich nicht finden können. Ueberhaupt scheint es noch eben so sehr an einem Verzeichnisse der Tiefe der berühmtesten Bergwerke zu

*) Die Angabe des Barons von *Grante* über die Tiefe des Kohlenbergwerks bey *Charlisle*, in dem er seine Versuche anstellen wollte (S. 69.), scheint mir etwas zweifelhaft. Wenn dieses wirklich 1600 Fuss tief gewesen, so hätte es gewiss *Williams* in seiner Naturgeschichte der Steinkohlen angeführt, wo er die 700 Fuss Teufe einiger Bergwerke schon mit der Besorgniss erwähnt, dass man in grösseren Teusen die Wasser mit den Dampfmaschinen nicht mehr würde gewältigen können, und daher endlich Mangel an Steinkohlen haben. Auch war man im Jahr 1740, wo Herr von *Grante* in England war, noch nicht so darauf bedacht, das Tiefste der Kohlenflöze zu erstrecken, wie man das später mit den Dampfmaschinen that. Da die tiefsten sächsischen und harzer Gruben nur eine Teufe von 1600 Fuss einbringen, so scheint auch die Angabe des Herrn von *Grante* schon deswegen unrichtig zu seyn, weil der Natur der Sache nach im Ganggebürge die Gruben in einer grösseren Teufe zu Sumpf können gehalten werden, als im Flözgebürge, wo die Steinkohlen liegen. In dem berühmten Kohlenwerke zu Eschweiler, wo 44 Flöze in einer Mulde liegen, können mit der Dampfmaschine nur 70 Lachter zu Sumpf gehalten werden, und hiermit werden erst 14 Flöze bis in die Mulde gelöst. Hätte dieses Kohlenbergwerk eine Lage, wie das Braunkohlenwerk im Meissner, so würde man hier Schächte von 2000 Fuss und drüner abteufen, und die untern Flöze bis in die Mulde aufschliessen können.

fehlen, als an einem Verzeichniſs der Höhe der merkwürdigſten Thürme.

Ich wünſche, daſs dieſe Bemerkungen und Angaben der Tiefe einiger Bergwerke die Veranlaſſung ſeyn mögen, daſs dieſe Verſuche einmal von ſehr groſsen Höhen und unter ſehr günſtigen Umſtänden angeſtellt würden. In den tiefſten Schächten würde man vielleicht eine Abweichung von 1½ bis 2 Zoll von der Lothlinie haben.

Das ſchönſte Local zu dieſen Verſuchen, das ich kenne, findet ſich in Paris in der Kuppel des Pantheons, und in der Kuppel des Doms der Invaliden. In beyden würde man eine Fallhöhe von 250 Fuſs haben und vielleicht noch drüber. Beide liegen in ſehr ſtillen Quartieren der Stadt, wo man alſo vielleicht nicht einmal genöthigt wäre, dieſe Verſuche des Nachts anzuſtellen. Die groſse Weite der Dome macht zugleich einen kleinen Luftzug weniger nachtheilig für die in der Mitte fallenden Kugeln, als in den engen Thürmen. Dann hat ein Phyſiker in Paris die Verſuche in der Nähe, und er kann ſich die Erlaubniſs dazu leicht verſchaffen, da ſich bedeutende Männer bey der Regierung dafür intereſſiren. Und endlich hat man in Paris bey der Menge vortrefflicher Dreher die beſte Gelegenheit, vollkommen runde Kugeln zu erhalten. Warum man nicht früher daran dachte, dieſe gute Gelegenheit zu nutzen, um die Verſuche hier anzuſtellen, das begreife ich nicht. Vielleicht erklärt ſich dieſes, wie ſo manches andere, aus der groſsen Gleichheit der Individuen in Frank-

reich, wo gewöhnlich jeder thut, was die ganze Welt thut, und wo man immer die Heerstraſse des Gewöhnlichen geht und das nur findet, was auf dieser liegt.

La Place hat die Sternwarte dazu vorgeschlagen, vielleicht weil *la Hire* nnd *Mariotte* hier schon früher Versuche mit fallenden Kugeln gemacht haben. Denn übrigens ist das Local so ungünstig, daſs vielleicht nie eine Kugel senkrecht fallen kann; die Fallhöhe ist auch zugleich 90 Fuſs niedriger als im Pantheon.

Die ganze Sternwarte ist gewölbt, und das Dach selbst ist ein Gewölbe. In der Mitte von jedem Gewölbe ist ein rundes Loch von zwey Fuſs Durchmesser, welches mit einem Deckel zugelegt ist. — Unter der Sternwarte gehen, wie unter dem übrigen Theil der Vorstadt *St. Jaques*, die unterirdischen Steingruben, aus denen die Pariser ihre Mauersteine bergmännisch gewinnen. Die ganze Gegend ist unterhöhlt, alle Gruben hängen zusammen, und überall stehen Schächte, wodurch die Steine hinaufgewunden werden. In diese Steingrube führt aus der Sternwarte eine Wendeltreppe, die eine hohle Spindel hat, und gerade unter den runden Oeffnungen steht, welche in den Gewölben sind. Eine Kugel, die auf dem Dache der Sternwarte losgelassen wird, fällt demnach bis unten auf den Boden der Steingruben. Die Fallhöhe ist 168 Fuſs. Hier war es, wo *Mariotte* und *la Hire* vor hundert Jahren ihre Versuche über den Widerstand der Luft anstellten.

In der Steingrube ist aber der Wetterzug so stark, daſs unserm Führer die Flamme seiner Pechfackel

ganz auf die Seite geweht wurde. Weil die Gruben alle unter ſich zuſammen hängen, und das Geſtein klüftig iſt: ſo würde es ſehr ſchwer ſeyn, die Strecken luftdicht abzubauen, beſonders da das Saugen bleibt, weil die obere Oeffnung in der Sternwarte aufbleiben muſs, damit die Kugeln herunter fallen können, und ſie hier nicht, wie zu Schlebuſch, unter Tage können aufgehangen werden. Auch ſcheint man eben nicht darauf gerechnet zu haben, daſs dieſe Stelle wieder zu Verſuchen ſollte genutzt werden; man hat in dem unterm Gewölbe das Loch zugemauert, durch welches die Kugel durchfallen muſs.

Dieſes iſt übrigens nicht dieſelbe Oeffnung, von der die Sage geht, daſs man in ihr die Sterne bey Tage ſehen könne, wie ich dieſes S. 106 in der Note angeführt habe.

Ungefähr dreyſsig Schritte von der Wendeltreppe kommt man unten in den Steingruben an eine Stelle, wo man vom Führer erinnert wird, in die Höhe zu ſehen. Man ſieht dann durch ein kleines Loch von etwa drey Linien den Tag ſchimmern, und Leute, die nie Sterne bey Tage ſahen, glaubten, daſs der lichte Punkt, der in die Finſterniſs der unterirdiſchen Gänge ſcheint, ein Stern ſey. Und hieraus entſtand dann die Sage, daſs man in den Kellern der pariſer Sternwarte die Sterne bey Tage ſehen könnte.

In der Terraſſe, auf welcher das zwey und zwanzigfüſsige Fernrohr beym Beobachten gefahren wird, iſt in einem Pflaſterſteine ein kleines, drey Linien groſses Loch. Dieſes iſt daſſelbe, durch welches man unten den Tag ſieht. Es iſt hier ein alter Schacht *(puits)*

zum Herausziehen der Steine gewesen. Diesen hat man, ich weiss nicht warum, mit einem Steine zugelegt, der ein kleines Loch hat.

Die Terrasse ist jetzt neu gemacht, und man scheint dieses Loch für merkwürdig genug gehalten zu haben, um es beyzubehalten.

Das schönste Local zu diesen Versuchen ist wohl in der 485 par. Fuss hohen Peterskirche in *Rom*, welche 393 Fuss bis ans Ende der Kuppel misst. Nur steht, wenn ich nicht irre, mitten unter der Kuppel der 80 Fuss hohe Hochaltar. Hierdurch wird die höchste Fallhöhe in der Mitte weggenommen. Aber etwas von der Seite würde man immer eine Fallhöhe von 340 Fuss zu diesen Versuchen haben. Also noch 100 Fuss höher, als im Thurme *Asinelli* in *Bologna*.

Es wäre freylich ein etwas starker Beweis für das Fortschreiten der *Zeit*, wenn die Versuche für ein System, das die Kirche in den Bann that, an der heiligsten Stätte in der ganzen Christenheit, neben dem Grabe des heiligen Petrus, angestellt würden.

Aber möglich ist es immer, dass dieses noch einmal geschieht, denn dem Geiste der *Zeit* weicht alles, und selbst die römische Kirche. — War doch im Jahr 1791 *Bonfioli*, Hausprälat beym Pabst *Pius* VI, bey den Versuchen *Guglielminis* im Thurme *Asinelli*, und mass die Abstände der herunter fallenden Kugeln.

Ich muss noch einmal, ehe ich diesen Abschnitt schliesse, zu den Versuchen von Schlebusch zurückkehren.

Wenn man die Tafel (S. 424) übersieht, so findet man, dass unter den 29 Versuchen keine Kugel mehr

wie 15 Linien vom Mittel abweicht, ausgenommen, die Nro. 21. — Nimmt man ſtatt 2 Zoll, (wie S. 424) nur $1\frac{1}{4}$ Zoll als Fehlergränze an, und ſchlieſst alle aus, die mehr als 15 Linien abweichen, ſo wird die Tafel wie auf folgender Seite, wobey blos Nro. 21 wegbleibt, weil dieſe 19 Linien abweicht.

Die Summe der Abweichungen nach Norden wird dann 105 Linien, und die Summe der Abweichungen nach Süden 103 Linien. Beide heben ſich nahe gegen einander auf, der kleine Unterſchied von 2 Linien beträgt auf 28 Verſuche vertheilt nur 0,007 Linie Abweichung nach Norden.

Die Summe der Abweichungen nach Oſten iſt 183,5 L.
und die nach Weſten 42
Alſo Unterſchied = 141,5 L.

Dieſes mit 28 dividirt, gibt für die Abweichung nach
Oſten im Mittel = 5,05 p. Linien.
Nach der Theorie ſollte es ſeyn = 4,64
Unterſchied zwiſchen der Theorie und
den Verſuchen = 0,41 p. Linien.

Dieſes Mittel aus 28 Verſuchen iſt vielleicht ſicherer, als das vorige aus 29, da hierbey die Fehlergränze enger gezogen iſt, indem keiner bis auf 15 Linien abweicht.

Das Mittel aus 28 Verſuchen giebt demnach blos eine Abweichung von 5 Linien nach Oſten, und übrigens weder eine nach Süden, noch eine nach Norden. Die Hunderttheile der Linie ſind natürlich nur der Rechnung wegen mit angeführt. — Nach den im ſechſten Abſchnitte angeführten Grundſätzen, würde die Ungewiſsheit dieſes Mittels etwa $\frac{2}{3}$ Linie ſeyn, oder

um so viel könnte es von der Theorie abweichen. Es weicht aber nur $\frac{2}{5}$ Linien ab, weil die Abweichung nach Osten 5 Linien beträgt, und sie nach der Rechnuug für eine Fallhöhe von 262 Fuſs nur $4\frac{6}{10}$ Linie betragen sollte.

1804	Oktober.	Nummer.	Nord.	Süd.	Ost.	West.
	7	1	11,5	—	—	3
	—	2	14,5	—	12	—
	—	3	5	—	3	—
	8	4	4	—	13	—
	—	5	1,5	—	20	—
	—	6	—	2	—	2
	—	7	—	9	11,5	—
	—	8	—	0,5	—	4
	—	9	—	15	2	—
	—	10	8	—	2	—
	—	11	—	5	12	—
	—	12	13,5	—	7	—
	—	13	3,5	—	13,5	—
	—	14	—	0,5	11	—
	9	15	13	—	9	—
	—	16	—	4	—	8
	—	17	8	—	8	—
	—	18	10	—	10	—
	—	19	—	13	7	—
	—	20	—	11	7,5	—
	—	21	—	8,5	—	2
	—	22	—	0,5	11	—
	10	23	—	15	—	4
	—	24	—	6	—	9
	—	25	—	7	—	10
	—	26	8	—	8,5	—
	—	27	—	6	10	—
	—	28	4,5	—	5,5	—
	Summa		105	103	183,5	42

Neunter Abſchnitt.

Kannten ſchon die Alten die Copernicaniſche Weltordnung? Nicetas von Syracus. Heraclit von Pontus und Ekphantes, der Pythagoräer. Philolaus. Ariſtoteles. Ariſtarch von Samos. Archimedes. Hipparch. Seleucus. Timæus. Seneca. Martianus Capella. Obſervations par Mr. Freret. Nicolaus von Cuſa. — Bailly. Nicolaus Copernikus de revolutionibus. Leben des Copernicus nach Lichtenberg. —

Neunter Abſchnitt.

Hamlet ſagte: „Es wäre vieles zwiſchen Himmel und Erde, wovon nichts in den Compendien der Phyſik ſtände.» — Aber umgekehrt, — ſagte Lichtenberg, ſteht in dieſen auch wieder vieles, wovon nichts zwiſchen Himmel und Erde iſt. —

Auf eine ähnliche Weiſe entſchuldige ich es, — wenn ſich etwas im Buche findet, wovon nichts auf dem Titel ſteht — und umgekehrt. Hiehin gehört z. B. die Beantwortung der Frage: *ob die Alten ſchon Copernikaner waren?*

Es kann für den Deutſchen nicht gleichgültig ſeyn, ob ein Syſtem, welches nicht allein die gröſste Epoche in der Aſtronomie, ſondern überhaupt in der Geſchichte des menſchlichen Geiſtes macht, — ob dieſes germaniſchen oder aſiatiſchen Urſprungs ſey.

Man hat ſich, vorzüglich in Frankreich, bemüht, zu zeigen: daſs das copernikaniſche Syſtem lange vor Copernikus vorhanden war, — daſs es das Syſtem der Pythagoräer, und überhaupt der aufgeklärteſten Griechen ſey, — und daſs es den Griechen zwar zu ſehr an Kenntniſſen gefehlt habe, um es zu erfinden, —

dafs sie es aber von den Chaldäern — und diese gemeinschaftlich mit den Indiern von den Atlantiden erhalten haben, einem Volke von ausgebreiteten Kenntnissen im mittlern Asien von Norden eingewandert, — dessen Daseyn jenseits dem Anfang unserer Geschichte liegt, und von dem wir weiter nichts wissen, als dafs sich von ihm noch einige Bruchstücke in Asien als unbekannte Reliquien finden. —

Bally glaubt daher, dafs Copernikus sein System von den Alten habe, und nennt ihm deswegen: den *Wiederhersteller* der wahren Weltordnung.

Um die Wahrheit dieses Ausspruchs zu untersuchen, ist es wohl am besten, dafs man vorher die Frage untersuche: *ob die Alten wirklich das copernikanische System kannten?* Und sollte sich am Ende dieser Untersuchung finden, dafs sie es nicht kannten, so wäre es doch wenigstens nicht sehr wahrscheinlich, dafs Copernikus es von ihnen entlehnt hätte.

Ich will zuerst die Originalstelle aus der Vorrede des Copernikus anführen, — in der er die Erfindung seines Systems erzählt, und dann die übrigen Stellen der Alten, in denen von einer Bewegung der Erde die Rede ist.

Hanc igitur — sagt Copernikus in der Vorrede — *incertitudinem mathematicarum traditionum de colligendis motibus sphærarum orbis, cum diu mecum revolverem, cœpit me tædere, quod nulla certior ratio motuum machinæ mundi, qui propter nos ab optimo et regularissimo omnium opifice conditus esset, philosophis constaret, qui alioqui rerum minutiss. respectu ejus orbis, tam exquisite*

ſcrutarentur. Quare hanc mihi operam ſumpſi, ut omnium philoſophorum, quos habere poſſem, libros relegerem; indagaturus an ne ullus unquam opinatus eſſet, alios eſſe motus ſphærarum mundi, qui in ſcholis Mathemata profiterentur. Ac reperi quidem apud Ciceronem primum: Nicetam ſenſiſse terram moveri. Poſtea et apud Plutarchum inveni quosdam alios in ea fuiſſe opinione, cujus verba ut ſint omnibus obvia placuit hic aſſcribere: οἱ μὲν ἄλλοι μένειν τὴν γῆν· Φιλόλαος δὲ Πυθαγόρειος κύκλῳ περιφέρεσθαι περί τὸ πῦρ κατὰ κυκλοῦ λοξοῦ, ὁμοιτρόπως ἡλίῳ καὶ σελήνῃ. Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός δε καὶ Εκφαντης ὁ Πυθαγόρειος κινοῦσι μεν τὴν γῆν οὐ μήν γε μεταβατικῶς, τροχοῦ δέ δικην ἐν ζωνισμένην ἀπὸ δυσμῶν ἐπὶ ἀνατολὰς, περὶ τὸ ἴδιον αὐτῆς κέντρον.

Inde igitur occaſionem nactus, cœpi et ego de terræ mobilitate cogitare. Et quamvis abſurda opinio videbatur: tamen quia ſciebam aliis ante me hanc conceſſam libertatem ut quos libet fingerent circulos ad demonſtranda phaenomena aſtrorum — exiſtimavi mihi quoque facile permitti ut experirer, an poſito terræ aliquo motu firmiores demonſtrationes, quam illorum eſſent, inveniri in revolutione orbium cœleſtium poſſent.

Copernikus las alſo die Alten, um zu ſehen, ob nicht einer gemeint habe, daſs die Bewegungen der Himmelskörper anders wären, als man in den Schulen der Mathematiker ſo unbefriedigend und widerſprechend lehre. — Er fand nun zwey Stellen, eine

im Cicero und die andere im Plutarch, wo von der Bewegung der Erde gesprochen wird; und obschon dieses auf eine Weise geschieht, daſs die Phänomene sich nicht daraus erklären lassen, so gab es doch Copernikus Veranlassung zu dem Gedanken: Ob man nicht durch angenommene Bewegungen der Erde die scheinbare Bewegung der Himmelskörper leichter und einfacher erklären könnte. — Diesen Gedanken — trug er 36 Jahr mit sich herum, und nachdem er ihn völlig ausgebildet und immer mit dem Himmel verglichen hatte — da gab er ihn der Welt in seinem unsterblichen Werk *de revolutionibus.*

Daſs die Stellen der Alten — die ihm die Veranlassung gaben, die wahre Weltordnung zu finden und sie auf einem Wege zu suchen, der völlig von dem der Griechen verschieden war: — diese Weltordnung *nicht enthielten*, das thut nichts. Oft sind noch unbedeutendere Dinge Veranlassungen zu Entdeckungen. So fand z. B. Piazzi die Ceres durch einen Schreibfehler, den Wallaston gemacht hatte.

Die beyden Stellen, von denen hier Copernikus redet, sind folgende: Nachdem Cicero (quæst. acad. 2.) gesagt: daſs einige gemeint hätten, es gebe Menschen, deren Füſse gegen die unsrigen gekehrt wären, so fährt er fort: Theophrastes erzählt, daſs Nicetas von Syrakus gemeint habe, daſs der Himmel, die Sonne, der Mond, die Sterne, und überhaupt alles still stände, und daſs sich auſser der Erde nichts in der Welt bewege — daſs sich aber diese um ihre Axe mit der gröſsten Schnelligkeit drehe, und daſs dadurch die Erscheinungen hervorgebracht würden, die bey ruhender Erde die Bewegung des Himmels macht. —

Dasſelbe meinte auch Plato im Timæus, nur etwas dunkler."

Es ſcheint, als wenn Cicero entweder den Theophraſt oder dieſer den Nicetas oder endlich Nicetas ſich ſelber nicht verſtanden hätte, denn durch die bloſse Bewegung der Erde konnte die Bewegung des Mondes, der Sonne und der übrigen Planeten nicht erklärt werden. *)

Ob aber Copernikus gerade dieſe Stelle im Cicero meynte, das läſst ſich nicht beſtimmen; vielleicht hatte er eine andere geleſen (*Lib. I. Tuſcul.*) wo *Cicero* bloſs ſagt: *Primus Nicetas Syracuſanus terram moveri etc.*

Hätte *Cicero* in der erſten Stelle nicht beſtimmt geſagt, was *Nicetas* eigentlich gemeynt habe, ſo hätte man den *Nicetas* wegen dieſer 5 Worte für einen *Copernikaner* gehalten. — Hier beſtätigt ſich die alte Orakel-Regel: *daſs man nie viel über eine Sache ſagen muſs, von der man wenig oder nichts weiſs*, — und daſs man einen ſo lange nicht widerlegen kann, ſo lange man nicht weiſs, was er eigentlich meynt.

*) *Bally* ſagt, als er dieſe Stelle (Geſch. d. Aſtronomie B. I. S. 269 der Ueberſ.) anführt: „*Copernikus* hätte dieſes nicht „beſtimmter ſagen können, und man glaubt auch, daſs dieſe „Stelle die erſte Idee von dem wahren Weltſyſtem, das er wie„der auf die Bahn brachte, rege gemacht habe." *Bally* hat ein wenig flüchtig geleſen, denn ſonſt hätte er ſehen müſſen, daſs in dieſer Stelle zwar von der Bewegung der Erde, aber nicht vom wahren Weltſyſtem die Rede iſt. — Beydes ſind zwey ganz verſchiedene Dinge. —

2.

Die Stelle des Plutarch ſteht im dritten Buch *de placitis Philoſophorum cap.* 11 *und* 13. „Die Nachahmer des *Thales* ſetzen die Erde in die Mitte. *Xenophanes* war der erſte, der ſie im Unendlichen begründet hielt. *Philolaus* der *Pythagoräer* ſetzt das Feuer in die Mitte als den Brennpunkt des Univerſi. Die übrigen ſagten, daſs die Erde in Ruhe wäre, aber Philolaus der Pythagoräer, daſs ſie ſich ſchief in das Feuer drehe, gleichwie Sonne und Mond. (*Ceteri terram manere dixerunt. Philolaus vero Pythagoræus, circum ignem verti obliquo in circulo ſimiliter soli et lunæ.*) *Heraclit* von *Pontus* und *Ekphantes* der *Pythagoräer* glaubten aber, daſs die Erde nicht fortbewegt würde, ſondern daſs ſie ſich nur wie ein Rad um ſeine Axe von Abend nach Morgen drehe.»

Dieſes ſind die Stellen der Alten, welche Copernikus veranlaſsten, über die Bewegung der Erde nachzudenken, und ſie mit den Erſcheinungen des Planetenlaufs zu vergleichen. — Man ſieht, daſs in dieſen Stellen von einer Bewegung der Erde die Rede iſt — aber nicht von einer ſolchen, wie ſie ſeyn muſste, um die Erſcheinungen am Himmel zu erklären. —*Nicetas* meynte irrig, daſs ſich durch eine bloſse Bewegung der Erde die Bewegungen aller Planeten erklären lieſsen. Philolaus lieſs Sonne, Mond und Erde ſich in einem ſchiefen Kreiſe um das Feuer drehen. — Bekanntlich verſtanden die Pythagoräer unter dem Feuer nicht die Sonne, ſondern das Zentral-Feuer im Mittelpunkt der Welt, wovon die Sonne nur der Reflex ſey. — Was ſie ſich bey dem ſchiefen *Zirkel*

gedacht haben, in dem Sonne, Mond und Erde gehen ſollten, das iſt wohl ſchwer zu ſagen, wenn ſie nehmlich überall etwas dabey gedacht haben. Daſs übrigens in den Schriften des Philolaus nichts vom copernikaniſchen Syſtem zu finden war, das ſieht man aus folgendem Umſtand. Plato gab den Aſtronomen die Frage auf: Wie das Rückläufigwerden und Stillſtehen der Planeten zu erklären ſey? — Dieſe Frage löſste *Eudoxus* — ein Aſtronom, den *Sextus Empirikus* dem *Hipparch* an die Seite ſetzt — durch die aufeinander fortgehenden Kreiſe auf, in denen die Planeten nach ſeiner Vorſtellung gingen. Daſs dieſe Erklärung ſehr verwickelt und geſucht war, das ſah gewiſs der göttliche Plato ein, wenn er ſelber auch noch ſo wenig von der Aſtronomie verſtand, — und wenn in des *Philolaus* Handſchriften das copernicaniſche Syſtem zu finden geweſen wäre, dann hätte es Plato finden müſsen, da er dieſe von den Erben des Philolaus um 100 Minen gekauft hatte; — und daſs Plato ſo theure Handſchriften auch durchgeleſen habe, iſt wohl wahrſcheinlich, vorzüglich da er eine ſo hohe Meynung von Philolaus hatte, daſs er ſeinetwegen eine Reiſe nach Italien machte.

Zugleich ſieht man hieraus, daſs die Pythagoräer das copernikaniſche Syſtem nicht kannten, den ſonſt würde *Eudoxus*, der ſelber Pythagoräer war, nicht die unendlichen Verwickelungen mit den Kreiſen eingeführt haben, um die Erſcheinungen zu erklären. *Heraclit* und *Ekphantes* meynten: die Erde drehe ſich um ihre Axe, bleibe aber übrigens auf derſelben Stelle. — Dieſes iſt eigentlich das vernünftigſte unter allen, denn

man ſieht, daſs *Heraclit* und *Ekphantes* ſich etwas beſtimmtes bey der Axendrehung der Erde gedacht haben. Sie geben die Richtung an, und zwar ſo wie ſie ſeyn muſste, wenn ſie die tägliche Bewegung der Himmelskörper erklären ſollte.

Man ſieht, daſs dieſe Ausſprüche der Griechen ſich nicht auf Kenntniſs der Aſtronomie ihres Zeitalters und auf Vergleichung der Erſcheinungen des Himmelslaufs gründen. Es iſt bloſs eine Art Räſonnement — ohne Rückſicht auf Erfahrung — und es lieſsen ſich dabey ganz widerſprechende Sätze behaupten. — Der eine hielt die Erde für einen Cubus (der Feſtigkeit wegen) der andere für eine länglichte Kugel — der Dritte für einen Berg, der aus dem Univerſo hervorragte, und auf deſſen abgerundetem Gipfel einige Seen und Länder lägen, wie z. B. Griechenland, Italien, die Küſte von Afrika, das mittelländiſche Meer, Aegypten, Kleinaſien und der Pontus Euxinus.

3.

Im 5ten Kapitel des erſten Buchs ſagt Copernikus: es ſey natürlicher, daſs die Erde ſich im Raume drehe, als der Raum um die Erde. Dieſes hätten auch gewiſs *Heraklit*, *Ekphantes* und *Nicetas* gemeynt. (*erant ſane hujus ſententiæ*) und ſobald man die tägliche Bewegung zugebe, ſo wäre es auch nicht ſchwer, mehrere Bewegungen anzunehmen, und die Erde für ein Geſtirn zu halten, wie dieſes von Philolaus dem Pythagoräer geſagt wird. Und dieſes war kein gemeiner Mathematiker, denn um Philolaus zu ſehen, ging ſelbſt Plato nach Italien, wie ſeine Biographen uns berichten.

Lichtenberg bemerkt bey dieſer Stelle: „Man ſieht, „daſs Copernikus zu ſeinen Zeitgenoſſen ſprach, wie „zu Kindern. Seht, ſagte er, was ich lehre, das hat „ſchon Philolaus gemeynt, den zu ſehen ſelbſt der „göttliche Plato nach Italien reiſte.»

Philolaus und Copernikus ſtimmten darin überein, daſs beyde annahmen, die Erde bewege ſich, und für etwas weiteres wollte Copernikus keine Autorität haben. Daſs ſich aus der Theorie des Philolaus, — daſs die Erde wie Sonne und Mond in einem ſchiefen Zirkel ums Feuer gehe, — die Erſcheinungen der Himmelkörper nicht erklären laſſen, das wuſste Copernikus ſo gut, wie irgend einer ſeiner Nachfolger, und ebenſo gut wuſste er, wie die Bewegungen ſeyn muſsten, um die Erſcheinungen zu erklären. —

Auſſer den Stellen, welche Copernikus anführt, kommen noch einige andere bey den Alten vor, in denen von der Bewegung der Erde die Rede iſt.

4.

Ariſtoteles ſagt im zweiten Buch *de coelo:* die meiſten ſetzen die Erde in die Mitte, hingegen einige, die in Italien wohnen und Pythagoräer genannt werden, ſagen: In der Mitte iſt das Feuer, die Erde aber iſt eins der Geſtirne, und dadurch, daſs ſie herumgedreht wird, entſteht Tag und Nacht. — Auch ſagen ſie ferner, daſs es Antipoden gebe. Aber hiebey richten ſie die Erklärungen nicht nach den Erſcheinungen, ſondern dieſe nach jenen. — Sie glauben, daſs dem vornehmſten Körper auch der vornehmſte Ort gebühre, — das Feuer aber oder die Sonne wäre ed-

ler als die Erde, *ignem hanc habere regionem dixerunt, quem Jovis carcerem ſeu cuſtodiam nominant.*"

Dieſes iſt dieſelbe Meynung, die wir vorher bey *Heraclit* und *Ekphantes* ſanden. Sie betrifft nur die tägliche Umdrehung der Erde. — Daſs die Sonne oder das Feuer (die Ariſtoteles hier für eines hält) in der Mitte ſey, das bewieſen ſie aus dem Begriff von Vornehm und Gering.

5.

Archimedes erzählt in ſeinem Arenario: Ariſtarch von Samos habe geſagt, daſs die Sterne ſich bewegen, und daſs die Sonne unbewegt bleibe; daſs die Erde in einem Zirkel um die Sonne liefe, und daſs die Sphäre, welche die Sterne führte, auch um die Sonne ginge. Dieſe Sphäre ſey aber von einer ſolchen Gröſse, daſs der Kreis der Erde ſich zu ihr verhalte, wie der Mittelpunkt eines Kreiſes zu ſeiner Oberfläche.

Hiebey bemerkt Archimedes: » daſs dieſes unmöglich ſey, weil der Mittelpunkt eines Kreiſes keine Ausdehnung und folglich kein Verhältniſs zur Oberfläche habe." Man ſieht, daſs hier dem Archimedes die geometriſchen Wahrheiten mehr am Herzen lagen, als die Idee des Ariſtarch, der unſtreitig ſo viel Mathematik verſtand, um das eben ſo gut zu begreifen als Archimedes, und der weiter nichts ſagen wollte, als daſs die Fixſternenſphäre unendlich weit von der Sonne entfernt wäre, und daſs man deſswegen keine Parallaxe an den Fixſternen bemerken könnte, welche von der Bewegung der Erde herrührte.

Ariſtarch lebte 280 Jahre vor C. G. Die Athenienſer, abergläubiſch wie die ſpäteren Römer, glaubten, daſs dieſe Meynung gegen die Religion ſey, weil die Erde dadurch den Ehrenplatz im Univerſo verlöhre. — *Cleanth*, ein Schüler des *Zeno*, klagte den Ariſtarch an, daſs er den Dienſt der Göttin *Veſta* verachte, weil er ſie aus dem Mittelpunkt der Welt ſtoſſe. — Dieſe Anklage vor der Athenienſiſchen Inquiſition gibt man als Urſache an, warum man damals das copernikaniſche Syſtem ſo geheim gehalten, daſs es wieder verlohren ging. Aber das Gebiet von Athen war klein, — und im übrigen Griechenland, in Kleinaſien und in Italien, wo damals faſt eben ſo viel Cultur herrſchte als in Athen, — war keine Göttin Veſta, und keine Athenienſiſche Inquiſition.

Was Ariſtarch hier nach dem Zeugniſs des Archimedes geſagt hat, iſt unſtreitig das richtigſt gedachte unter allem, was die Alten von der Bewegung der Erde gelehrt haben. Wir wiſſen nicht, in welchem Zuſammenhange Ariſtarch dieſes geſagt hat, da wir faſt nichts von ſeinen Schriften beſitzen. — Aber in einem aſtronomiſchen Zuſammenhange mit Anwendung auf die Bewegung der himmliſchen Körper, und der Erklärung dieſer Bewegungen hat es Ariſtarch wohl nicht geſagt. Denn die äuſſerſt leichte Erklärung des Rechts- und Rückläufigſeyns der Planeten, welche hieraus unmittelbar folgte, — war zu wichtig, als daſs Archimedes ſie ſollte übergangen haben.

Hier iſt die Originalſtelle von Archimedes nach *Riccioli*. „*Hæc in iis quæ ab Aſtrologis ſcripta ſunt* (*nempe de terra in medio mundi quieſcente*)

redarguens Ariſtarchus Samius, hypotheſes quasdam edidit ex quibus ſequitur, mundum mundi modo expoſiti multiplicem eſſe. Ponit enim, ſtellas inerrantes atque ſolem immobiles permanere: terram vero circumferri circa ſolem, ſecundum circumferentiam circuli qui eſt in medio curſu conſtitutus. Sphäram autem inerrantium ſtellarum circa idem centrum cum ſole ſitam tanta eſſe magnitudine, ut circulus in quo ponit terram circumferri, eam habeat proportionem ad diſtantiam ſtellarum inerrantium quam centrum ſphæræ habet ad ipſius ſuperficiem. (Vielleicht hat *Ariſtarch* ſtatt *ſuperficies* — *peripheria* gemeynt.)

Eine zweyte Stelle über Ariſtarchs Meynungen findet ſich beym Plutarch, welche auch *Riccioli* (*T. II. Pag.* 293.) anführt. Der Schluſs hievon heiſst: *quod is homo conatus coeli phænomena certis ratiocinationibus tutari, poſſuiſſet cœlum quieſcere, terram per obliquium evolvi circulum et circa ſuum interim axem verti.*

Ariſtarch war von der Inſel Samos, dem Mutterlande der Pythagoriſchen Sekte. — Dieſe letzten, wie bekannt iſt, das Feuer oder die Sonne in die Mitte, und nicht aus aſtronomiſchen Gründen, ſondern weil dieſes der Ehrenplatz im Weltall ſey, den die Erde nicht einnehmen dürfe. — Wenn alſo die Erde um die Sonne gehen ſollte, ſo müſste dieſes in einem ſchiefen Zirkel geſchehen — und zugleich müſste ſich die Erde um ihre Axe drehen, wenn die Sonne auf- und untergehen, und doch dabey ſtillſtehen ſollte. Man ſieht, wie Ariſtarch durch die Pythagoriſche Theorie des

Ehrenplatzes auf die Bewegung der Erde um ihre Axe und auf die ſchiefe Bahn um die Sonne *kommen muſste*, ſobald er ſich etwas bey dem Stillſtehen der Sonne dachte. Obſchon ſich auf jeden Fall entweder die Erde bewegen muſste, oder die Sonne, — ſo macht es doch Ariſtarch Ehre, zuerſt gezeigt zu haben, wie die Bewegungen der Erde ſeyn müſsten, wenn man die ſcheinbaren Bewegungen der Sonne daraus herleiten wolle — und wie man es erkläre, daſs die Bewegung der Erde keine ſcheinbare Bewegung an den Fixſternen veranlaſse. — Auf dieſen Theil des copernikaniſchen Syſtems konnte jeder Pythagoräer kommen, ſobald er einige aſtronomiſche Kenntniſſe hatte, aber der ungleich wichtigere Theil — die ganze Planeten-Theorie — und die einfache Erklärung der ſo ſehr verwickelten Bewegungen derſelben — an dieſe dachte wohl Ariſtarch nicht, der vielleicht mehr Pythagoräer als Aſtronom war. — Und wenn er daran dachte, ſo war es für ſein Zeitalter unmöglich, darauf zu kommen, weil es noch gänzlich an allen Planetenbeobachtungen fehlte. Da man noch nicht wuſste, *was* man eigentlich erklären ſollte, ſo konnte vom *wie* noch gar nicht die Rede ſeyn. *)

Was aber der ſtärkſte Beweis iſt, daſs damals das copernikaniſche Syſtem noch nicht da war, iſt das, daſs keiner der berühmteſten Aſtronomen es kannte.

*) Wir beſitzen vom *Ariſtarch* noch ein Buch *de magnitudine et dist. solis et lunæ*: S. *Schaubach* über die Meynungen der Alten von unſerm Sonnenſyſtem, und Geſchichte der Aſtronomie bis auf *Eratoſthenes*.

Weder *Eudoxus* noch *Hipparch* wiſſen etwas von ihm. Wäre das, was die Griechen von der Bewegung der Erde und vom Ehrenplatz der Sonne ſagen, etwas mehr als ein bloſses Philoſophem geweſen, ſo hätte ſicher *Hipparch* — der gröſste Aſtronom des Alterthums, dieſes auf ſeine Beobachtungen angewandt. *Hipparch* war gerade der Mann, der ſo etwas zu gebrauchen verſtand. Um die Epizikel zu vermeiden, nahm er ſchon an, daſs die Erde nicht im Mittelpunkt der himmliſchen Bewegungen ſtehe, und er hätte ſicher — wenn auch nur als Rechnungs-Hypotheſe — angenommen, daſs die Erde ſich täglich um die Axe, und jährlich um die Sonne drehe, und daſs dieſe Bewegungen einen Winkel von 23½ Grad machten — wenn er gewuſst hätte, wie leicht ſich aus dieſer Annahme alle Bewegungen der himmliſchen Körper erklärten. —

Hipparch berechnete die erſten aſtronomiſchen Tafeln, und die ſeinigen haben allen ſpätern 2000 Jahre hindurch zum Muſter gedient. Und geſetzt er hätte Gründe gehabt, warum er dieſes Syſtem nicht den Uneingeweihten hätte mittheilen wollen, ſo hätte er es machen können, wie Copernikus es machen wollte; nämlich nicht das Syſtem geben, ſondern nur Tafeln nach dieſem Syſtem berechnet. — Er hätte dann ſicher ſeyn können, daſs nur die Eingeweihten es herausfinden würden; und daſs weder ægyptiſche, noch griechiſche, noch römiſche Prieſter etwas für irreligiös erklären würden, wovon ſie gar keinen Begriff hätten.

Zugleich lebte Hipparch nur 120 Jahre nach Ariſtarch; alſo jenen Zeiten ſo nahe, daſs er das copernikaniſche Syſtem hätte kennen müſsen, wenn es da geweſen wäre. Hipparch konnte unmittelbar aus der Quelle ſchöpfen, und brauchte ſich nicht, wie wir, an Berichte von Geſchichtſchreibern zu halten, welche oft das aſtronomiſche, was ſie erzählen, nicht einmal recht verſtanden.

Aber Hipparch, der Stifter der älteren Aſtronomie, der Entdecker vom Fortrücken der Nachtgleichen, — der Entdecker vom ungleichen Sonnenlauf, und der ungleichen Länge des Sonnentags — der Erfinder der Parallaxenrechnung, und der ſich darauf gründenden Berechnung der Sonnen- und Mondentfernung — der Verfertiger des erſten Fixſtern-Verzeichniſſes — der Erfinder der geographiſchen Längenbeſtimmung — und der Begründer der ebenen neuen ſphäriſchen Trigonometrie, — dieſer, der 150 Jahre vor *C. G.* lebte, weiſs nicht von dem copernikaniſchen Syſtem, welches damals ſoll exiſtirt haben.

Er hatte vielleicht unter den übrigen Philoſophemen der Griechen auch die gefunden, wo ſie von einer Bewegung der Erde ſprechen — aber dieſes für weiter nichts gehalten, als was es war — für ein bloſses Philoſophem, — welches, auf keine Erfahrungen geſtützt, auch keine erklären konnte. —

Ariſtarch war Aſtronom, — von ihm lieſs ſich alſo *am erſten* erwarten, daſs er mehr wie Philoſopheme lieferte. — Aber doch ſcheint das, was er ſagte, nichts weiter geweſen zu ſeyn. Denn es war unmöglich, daſs Hipparch, der ſo bald auf jenen folgte,

nichts davon ſollte erfahren haben. — Und wenn es auch nur Bruchſtücke geweſen wären, ſo fehlte es Hipparch nicht an Erfindungsgeiſt, Bruchſtücke zu ergänzen und ſie mit Beobachtungen zu vergleichen, — deren er ſo viele hatte, und ſo ein Syſtem wieder darzuſtellen, welches ihm und der Aſtronomie ſo Noth that.

Aber Hipparch verzweifelte, daſs es möglich wäre, durch irgend eine Hypotheſe das Stillſtehen und Zurückgehen der Planeten, — und ihre ungleichen Bewegungen zu erklären, — und begnügte ſich damit, die alten Beobachtungen von der Bewegung der Planeten zu ſammeln, — ſie mit den ſeinigen zu vermehren, und ſie ſo der Nachwelt zu übergeben.

Hiedurch iſt es entſchieden, daſs Hipparch nichts von der copernikaniſchen Weltordnung wuſste, — und ſein Nachfolger *Ptolomäus* kannte ſie auch nicht, — obſchon *er* noch faſt alle die Schriften beſaſs, die für *uns* verlohren gegangen ſind. — Sein Almageſt iſt eine vollſtändige Sammlung von allem dem, was bis auf ſeine Zeiten in der Aſtronomie geſchehen war, und er hätte gewiſs nicht unterlaſsen, ein Syſtem anzuführen, welches für die Aſtronomie ſo wichtig war.

Man muſs überhaupt hiebey nicht vergeſſen, daſs zwar jeder, der Copernikaner iſt, von der Bewegung der Erde ſpricht. — Aber nicht jeder, der von dieſer ſpricht, iſt deſswegen Copernikaner. — *Nicetas*, *Philolaus* und *Heraclit* ſprachen auch davon, aber keiner von allen dreyen gehörte zur Schule des Korinenſers.

6.

Die übrigen Stellen der Alten, wo ſie von einer Bewegung der Erde reden, ſind von weniger Bedeutung.

Plutarch ſagt im 3ten Buche *de placitis philoſophorum Cap.* 17. „*Seleucus*, der Mathematiker, glaubte auch, daſs ſich die Erde bewege, aber der Bewegung des Mondes entgegen." (Alſo von Morgen nach Abend.) Durch dieſe Bewegung aber, glaubt Plutarch, würden die Körper in's atlantiſche Meer fliegen. — Der Mathematiker und der Hiſtoriker haben es hier beyde gleich übel gefaſst, vorausgeſetzt, daſs ſie ſich weder verſprochen noch verſchrieben haben.

7.

Ariſtoteles und Cicero ſagen, Plato habe im Timäus geſagt: daſs ſich die Erde bewege. Aber *Riccioli*, der den Timäus eigends deſswegen durchgeleſen, um zu ſehen, was der göttliche Plato eigentlich geſagt habe, findet dieſes nicht, weil 1) Plato in der Perſon des Timäus ſpricht, und alſo von ſeiner eignen Meynung nicht ſagt, und weil 2) Timäus die Erde für einen unbewegten Cubus hielt. — Da das letzte iſt, ſo hätte *Riccioli* den erſten Grund ſparen können. Timäus ſagt: *terræ cubicam ſpeciem asſignemus, nam omnium quatuor maxime immobilis terra eſt et naturalium omnium compactu maxime, tale vero illud fieri debuit neceſſario quod firmiſſimas tutiſſimasque poſſidet baſes.*

Man ſieht hier zugleich den geringen Grad der Kenntniſſe der Alten zu den Zeiten des Socrates; denn von dieſem Timäus verſichert *Citias* dem Sokrates, daſs er unter ihnen allen der geübteſte in der Aſtronomie und der erfahrenſte in der Naturkunde wäre.

8.

Seneca ſpricht im 7ten Buche ſeiner *quæſt. nat* an zwey Stellen von der Bewegung der Erde. Die erſte Stelle iſt im 2ten Cap. „Es ſcheint, als wenn die Cometen mehreres mit den Planeten gemein hätten, wie z. B. ihren täglichen Auf- und Untergang, ihren Glanz u. ſ. w. Wenn daher alle Geſtirne Welten ſind, ſo ſind vielleicht die Cometen daſſelbe. — Wenn ſie (die Geſtirne) aber nur ein reines Elementar-Feuer ſind, das ſich 6 Monathe erhalten kann, ohne durch die ſchnelle Bewegung zerſtöhrt zu werden, ſo könnten die Cometen auch aus einer dünnen und feinen Materie beſtehen, ohne etwas von der anhaltenden Umdrehung des Firmaments zu beſürchten zu haben. —

Dieſe Unterſuchung wird auch dazu dienen, daſs wir erfahren, ob die Erde *ruht*, und die Welt um ſie herumgehe, oder aber, ob die *Welt ruht*, und die Erde ſich dreht. Denn es ſind welche geweſen, welche ſagten: daſs nicht der Himmel es wäre, der auf- und unterginge, ſondern daſs wir es wären. — Dieſer Gegenſtand iſt würdig der Unterſuchung, damit wir wiſſen, ob unſer Wohnort in Ruhe ſey, oder aber, ob er der Sitz der ſchnellſten Bewegung iſt, — ob

Gott uns bewege, oder alles um uns. Hiezu ist nöthig, daſs man die alten Beobachtungen der Cometen sammle. — — — — —.

9.

Und im 25. und 26. Cap. desselben Buchs.

„Wir kennen noch so wenig von den Dingen, daſs wir uns nicht wundern dürfen, daſs wir die Gesetze der selten erscheinenden Cometen noch nicht kennen. Sind es nicht kaum anderthalbtausend Jahre, daſs Griechenland

— — *stellis numeros et nomina fecit.*

Und gibt es jetzt nicht noch Völker, die nicht einmal wissen, warum der Mond wechselt, und warum er versinstert wird. Auch ist es bey uns noch nicht lange her, daſs der Verstand dieses ergründet hat. — Es wird die Zeit kommen, wo das, was uns verborgen ist, durch den Fleiſs künftiger Geschlechter an den Tag kommen wird. — Zur Ergründung dieser Dinge reicht ein Menschenalter, da der ganze Himmel noch wüst liegt — nicht hin. Und theilen wir unsere wenigen Jahre nicht zu ungleichen Theilen zwischen unseren Studien und unseren Fehlern? — Diese Dinge können nur durch lange aufeinanderfolgende Arbeiten erkannt werden. — Es wird eine Zeit kommen, wo unsere Nachkommen sich wundern werden, daſs wir Dinge, die so klar sind, nicht gekannt haben. — Von diesen 5 Sternen, die dadurch, daſs sie ihren Ort beständig ändern, unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen, wissen wir kaum, welcher des Morgens aufgeht, und welcher des Abends —

ob sie rechtläufig sind, und warum sie rückläufig werden. — Und wissen wir es nicht erst seit wenig Jahren, wenn Jupiter in die Sonnenstrahlen geht, oder hinaus, oder wenn er rückläufig wird. — Man hat welche gefunden, die da sagten: Ihr irrt, wenn ihr urtheilt, daſs ein Stern in seinem Lauf still hielt, oder zurückgehe. — Den Himmlischen ist es nicht erlaubt, still zu stehen oder zurückzugehen. Sie gehen alle vorwärts; — wohin sie einmal bestimmt sind, da gehen sie hin. — Immer wird ihr Lauf derselbe seyn bis an ihr Ende; das Weltgebäude hat unabänderliche Bewegungen — hörten diese auf, so würde es zusammenstürzen, welches jetzt die allgemeinere ungleiche Spannung verhindert. Cap. 27. Aber woher kommt es denn, daſs einige zurückzugehen scheinen? Das Entgegenkommen der Sonne gibt ihnen diese Art von Langsamkeit, und dann haben ihre zirkelförmigen Wege eine solche Lage, daſs sie zu gewissen Zeiten die Hinsehenden täuschen. So scheinen oft mit vollen Seegeln gehende Schiffe still zu stehen. — Es hat welche gegeben, die da angaben, in welchen Gegenden die Cometen liefen — warum ihre Bahnen und ihre Gröſse so entfernt von den übrigen Planeten sind, und die die Classe von Körpern nannten, in die sie gehörten. — Laſst uns zufrieden mit dem gefundenen seyn. — Möchte es nur den Fortschritten des Wissens, und unseren Nachkommen nützlich seyn."

Ich habe mit Fleis hier mehr übersetzt, als die bloſse Stelle, wo er von der Bewegung der Erde redet. — Der Zusammenhang ist hiebey immer das

wichtigste, wenn man bestimmt wissen will, was ein alter Schriftsteller über einen Punkt gesagt, oder nicht gesagt hat. — Führt man die Stellen so an, wie *La Lande* in seiner Astronomie, so glaubt man, wunder! was *Seneca* nicht schon alles gewusst habe.

Man sieht indess aus diesen Stellen, dass das Bedürfniss einer einfacheren Weltordnung da war, — und dass man dunkel ahndete, woheraus sie vielleicht zu finden sey. — Aber zugleich sieht man, dass dieser, weit über sein Zeitalter hervorragende Geist nichts bestimmtes über die Bewegung der Erde und die Anwendung derselben auf die Erscheinungen wusste. — Dass sich die tägliche Umdrehung der Himmelskugel durch eine tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe erklären liess, das wusste man. — Diese Idee lag nahe, und war für's ganze System gerade die unbedeutendste, denn die Schwierigkeiten lagen in der verwickelten Bewegung der Planeten, denen zuletzt — als die Beobachtungen feiner wurden, gar kein Zirkel mehr genügen wollte — obschon man 55 hatte. — Hätte man diese erklären können, so machte die tägliche Umdrehung der ganzen Himmelskugel weiter keine Schwierigkeiten, weil diese die die hypothetische Kreise immer nur um e i n e n vermehrte.

Ein vorurtheilsfreyerer und tiefer in die Zukunft sehender Geist, wie *Seneka* seiner, hat nie die Erde betreten, und es ist sicher, dass dieser sich gleich für eine Weltordnung würde erklärt haben, die nur dem Volke wiedersinnig — aber dem Weisen einfach und natürlich erscheint, — wenn man damals etwas von

ihr gewuſst hätte. — Aber im 1ſten Cap. des Buchs von der Vorſehung, ſagt er unter andern: — — „Die Verbindungen des Zufalls haben nicht Regelmäſsigkeit genug, um die ungeheure Maſſe der Erde unbeweglich zu erhalten, — welche die Himmel ſo ſchnell um ſich herumdrehen ſieht.» — —

—

10.

Bally, der die Meynung, daſs die Alten ſchon das copernikaniſche Syſtem kannten, ſehr in Schutz nimmt, meynt (Theil 1. S. 261 der Ueb.) daſs Pythagoras heimlich ſeine Schüler gelehrt habe, daſs die Sonne der Mittelpunkt der Welt ſey, und daſs die Erde ſich 1) um ihre Axe drehe, und 2) um die Sonne. Bally glaubt nun zwar, daſs es den Griechen zu ſehr an Beobachtungen geſehlt habe, um ſelbſt dieſes Syſtem zu finden, — daſs aber Pythagoras es aus Indien mitgebracht, wo man es aus ſehr genauen Beobachtungen geſchloſsen. — Genau können dieſe Beobachtungen der Indier allerdings ſeyn, denn ſie theilen die Sekunde nicht, wie wir, in 60 Tertien, ſondern in 200,000 Tiks. Wir glauben, wenn wir zwey Angaben bis auf die Dezimale der Tertie übereinſtimmend haben, wunder! was wir hätten. Allein dieſes iſt erſt der 600te Theil der Sekunde, den der Indier noch wieder in 300 Theile theilt. —

Aber doch ſcheinen die genauen Beobachtungen der Indier, und der Copernicaniſmus des Pythagoras etwas zweifelhaft, wenn man ſich erinnert, daſs Pythagoras die Planeten in folgende Ordnung ſetzt: Erde, Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupi-

ter, Saturn. — Hier hilft ſich *Bally* mit einem Vielleicht. „Vielleicht ſagt er, glaubte er anfangs an die Ordnung der Aegyptier, dann aber an die der Chaldäer und Indier.» Aber, ſo viel ich weis, hat *Pythagoras* ſeine Harmonie der Sphären erſt geſchrieben, als er aus Indien zurückkam. Und dann machte es ihm nicht viel Ehre, noch an das Syſtem der Aegyptier zu glauben, nachdem er das copernikaniſche Syſtem ſchon in Indien hätte kennen gelernt.

Empedokles, der erſte Schüler des Pythagoras, lehrte: daſs die Sonne nur reflecktirtes Zentralfeuer ſey, und daſs wir das wahre Zentralfeuer nie ſähen. Er lehrte auch, daſs anfangs die Sonne ſich ſo langſam bewegt habe, daſs ein Tag 10 Monathe dauerte, — nachher, als ſie ſich ſchneller bewegte, dauerte er nur 7 Monathe. „Hieher kommt es, ſagt Plutarch, daſs die Zeit zwiſchen der Empfängniſs uud der Geburt des Menſchen, 7 bis 10 Monathe dauert.» — Man kann kaum glauben, daſs der Verfaſſer der Biographien dieſes im Ernſt ſollte geſagt haben. —

11.

Man muſs bey Beantwortung der Frage: ob die Alten die copernikaniſche Weltordnung kannten? — vorzüglich drey weſentlich verſchiedene Momente dieſes Syſtems unterſcheiden. Das erſte iſt: *die tägliche Bewegung von Abend nach Morgen.* — *Heraclit* und *Ekphantes* wuſsten ſchon, daſs die Erſcheinungen dieſelben wären, — die Erde möchte ſich von Abend nach Morgen, oder der Himmel von Morgen nach Abend drehen. —

Die Erfahrung: daſs, wenn man in einem Schiffe am Ufer vorbeyfährt, das Ufer dann ſich zu bewegen ſcheint, und nicht das Schiff, — war allgemein bekannt, da dieſe Erſcheinung ſelbſt die Aufmerkſamkeit des rohen Menſchen auf ſich zieht. — Ihre Anwendung auf den Auf- und Untergang der Geſtirne war nicht ſchwierig. Sie lieſs ſich ohne alle aſtronomiſche Kenntniſſe machen. —

Das zweyte iſt: *die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne.* Von dieſer wuſste ſchon *Ariſtarch* von *Samos*, daſs die Erſcheinungen eben ſo wären, wie wir ſie beobachten, wenn die Erde in einem ſchiefen Zirkel um die Sonne geht, und ſich dabey täglich um ihre Axe dreht. — Auch hiezu gebrauchte man weiter keine aſtronomiſche Kenntniſſe, als die vom jährlichen Hinauf- und Hinabſteigen der Sonne in ihrer Bahn. — Dieſes und das pythagoriſche Philoſophem, daſs die Sonne in der Mitte ſtände, weil das Feuer edler wäre als die Erde, und deswegen auch den vornehmſten Platz haben müſste, *) führte Ariſtarch, der nicht ohne Kenntniſſe und zugleich ein guter Kopf war — denn ſonſt hätten ihn die unwiſſenden athenienſiſchen Prieſter nicht verfolgt — ſehr natürlich zu dieſem Syſtem, das ihm vorzüglich Ehre machte, da er ſchon eine Urſache angab, warum die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn keine ſcheinbare Bewegung an den Fixſternen mache.

*) Die Pythagoräer, nicht übereinſtimmend in ihren Meynungen, und ſchwankend in ihrem Ausdruck, nennen das Feuer und die Sonne oft als ſynonim, und oft als zwey verſchiedene Dinge.

Das dritte ist *die Bewegung der Planeten, ihr Rückwärtsgehen und ihr Stillstehen.* — Dieser Theil des Systems, unstreitig der wichtigste und der schwierigste von allen, war den Alten völlig unbekannt. —

Diesen entwickelte Copernikus zuerst unter allen Sterblichen, und dieser war es, der seinem System in einem Zeitalter Ansehen und Dauer gab, wo noch alle andere Beweise für die Wahrheit desselben fehlten. — Aber dieser Theil setzte eine Reihe astronomischer Beobachtungen voraus, (um die mittlern Umlaufzeiten und Gegenscheine der Planeten zu finden) die den Griechen gänzlich mangelten. — Zu den Zeiten des Aristarch fehlten diese so sehr, dass man noch gar nicht zu wissen schien, was man eigentlich beym Lauf der Planeten erklären müsse; und erst als Plato dem Astronomen die Frage that: wie sie das Stillstehen und Rückwärtsgehen erklärten? da kam *Eudoxus* auf die auf einander fortgehenden Kreise, in denen sich die Planeten bewegen sollten.

Durch die Annahme: dass die Erde und die Planeten gemeinschaftlich um die Sonne gehen, folgten, sobald die Umlaufszeiten bekannt waren, — alle Erscheinungen des Stillstehens und Rückwärtsgehens so natürlich und zugleich so nothwendig, dass von dieser Seite sich das copernikanische System wie ein Gewölbe durch seine eigene Schwere trug. — Auf dieses Vollendetseyn in sich selber machte auch Copernikus den Pabst aufmerksam, indem er ihm in der Zueignung sagt: „Alles hängt so nothwendig zu„sammen, dass man nichts herauslassen kann, ohne

„dafs das ganze zufammenhängt." In der copernikanifchen Weltordnung war nur eine Kirche möglich — in dem alten Syftem mehrere. — Anders war die Ordnung der Aegyptier, anders die des Plato, und wieder anders die des Ptolomäus, — und alle hatten in fich felber fo wenig Zufammenhang, dafs man einen Theil weglaffen konnte, oder hinzufügen, ohne dafs eben das Ganze weniger auf die Erfcheinungen gepafst hätte. —

Wenn man hingegen in der copernikanifchen Weltordnung einmal den Ort des Planeten wufste, und feine Umlaufszeit, fo liefs fich fein Stillftehen, und fein Rückwärtsgehen mit einer leichten für jedermann fafslichen Zeichnung finden. — Und diefes Stillftehen und Rückwärtsgehen — welches von jeher für alle Aftronomen ein Stein des Anftofses gewefen war, folgte fo nothwendig aus diefem Syftem, dafs man es gar nicht würde haben erklären können, wenn der Lauf der Planeten fcheinbar gleichförmig gewefen wäre. *) —

12.

Die alten Aegyptier liefsen fchon, nach *Macrobius*, die Venus und Merkur um die Sonne gehen, — fo

*) Das was *Seneca* fagt: dafs die himmlifchen Körper nie ftill halten, und ihren Lauf immer fortfetzen — und dafs fie nur fcheinbar ftillftehen, wie ein feegelndes Schiff, wenn fein Weg in der Gefichtslinie liegt, — diefes bezieht fich nicht auf die copernikanifche Weltordnung, weil in den übrigen das Stillftehen auch nur als fcheinbar angenommen, und aus der Lage des Epizikels des Planeten gegen die Erde erklärt wurde.

wie später der Afrikaner *Martianus Capella* dasselbe lehrte. Die Veranlaſsung war die: daſs sich Venus und Merkur nie weit von der Sonne entfernten, und nie, wie die übrigen Planeten, ihr entgegen gesetzt wurden. — Hiedurch erklärte sich ihr Stillstehen und Rückwärtsgehen sehr gut — aber daſs man nicht deswegen die Mittelpunkte ihrer Bahnen in die Sonne legte, um dieses zu erklären, das sieht man daraus, weil man nicht dasselbe für die übrigen Planeten versuchte. Im 10ten Kapitel des ersten Buchs, wo Copernikus lehrt, daſs die Mittelpunkte der Planetenbahnen in der Sonne liegen, führt er an, daſs schon *Martianus Capella* und andere dasselbe für Venus und Merkur angenommen hätten. *)

*) *Kæstner* sagt zwar in seiner Gesch. der Math. B. II. S. 362. „*Apollonius Pergæus* ließs die fünf Planeten um die Sonne als Mittelpunkt gehen, die Sonne mit ihnen um die Erde, um welche auch der Mond ging, ungefähr wie später Tycho. Beyde (*Capella* und *Apollonius*) stellten den Gang Merkurs und der Venus gut vor, mit derselben Stillstehen und Rückgehn, — *Apollonius* leistete eben so was, für die drey obern Planeten. Noch schien es sonderbar, die Sonne zum Mittelpunkt der Planeten zu machen, und sie selbst mit ihnen um die Erde zu führen u. s. w.» — Allein dieses ist irrig, und *Kæstner* zitirt auch die Stelle im *Apollonius* nicht, wo dieses Tychonische System stehen soll. — Vermuthlich hat er hier *Gassendi* nachgeschrieben. — So viel ist sicher, daſs 1) *Copernicus* den *Apollonius* gar nicht anführt, als er im 10ten Cap. des 1sten Buchs erzählt, daſs M. *Capella* Venus und Merkur um die Sonne gehen ließs. 2) Bey den Einwendungen, die man dem Tychonschen System machte, daſs es z. B. das umgekehrte Copernikanische wäre, und die *Riccioli Alm. II.* 287. erzählt,

Copernikus nahm nun an, daſs die Mittelpunkte aller Planetenbahnen in der Sonne liegen, — und da ein ſo groſser Zwiſchenraum zwiſchen der Venus und dem Mars wäre, „ſo ſcheue er ſich nicht, in die„ſe die Bahn der Erde mit der Monddahn zu ſetzen.»

Proinde non pudet nos fateri hoc totum, quod Luna præcingit, ac centrum terræ per orbem illum magnum inter cæteras errantes ſtellas annua revolutione circa ſolem transire, et circa ipſum eſſe centrum mundi: quo etiam Sole immobili perma-

kommt dort gar nicht vor, daſs *Apollonius* es ſchon gekannt hätte. 3) Erwähnt der gelehrte *Fabricius*, der alles mit ſo groſser Sorgfalt geſammelt hat, was ſich hierüber bey den Alten findet, deſſen gar nicht, was *Gaſſendi* dem *Apollonius* zuſchreibt, und 4) zitirt *Gaſſendi* weder die Seite noch das Buch, wo ſich dieſe wichtige Stelle beym *Apollonius* finden ſoll. — *Kæſtnern* war die Lebensbeſchreibung des Copernikus von Lichtenberg, im dritten Theil des Pantheons der Deutſchen, damals (1797) noch unbekannt, weil der Druck dieſer Biographie damals zwar angefangen war, aber wegen der unglücklichen Schickſale des Verlegers erſt im Jahr 1800 vollendet wurde. In dieſer findet ſich S. 67 folgende dieſe Stelle berichtigende Note: „Es iſt ſchwer zu ſagen, wie *Gaſſendi* zu der Behauptung gekommen iſt, Copernikus habe auſſer dem Gedanken des *Martianus Capella*, auch die Idee des *Apollonius* von Pergam benutzt, und wie er nun obendrein dieſem *Apollonius* ein Syſtem zuſchreibt, welches völlig das Tychonſche iſt. Weidler ſagt es zwar auch, aber ſogar mit den eigenen Worten des *Gaſſendi*: daſs *Apollonius* ſchon das Syſtem des Tycho gekannt habe, davon findet ſich keine Spur bey den Alten. Man ſehe hierüber *Bailly Hiſt. de l'aſtr. I. p.* 339. und die angehängten *Eclairciſſements p.* 697. und *de la Lande Aſtron. T. I. p.* 408. nach der dritten Ausgabe, in der Note."

nente, quicquid de motu ſolis apparet, hoc potius in mobilitate terræ verificari; tantam vero eſſe mundi magnitudinem, ut cum illa terræ a ſole diſtantia ad quoslibet alios orbes errantium ſyderum magnitudinem habeat, pro ratione illarum amplitudinum ſatis evidentem, ad non errantium ſtellarum ſphæram collata, non quæ appareat: quod facilius concedendum puto, quam in infinitam pene orbium multitudinem diſtrahi intellectum, quod coacti ſunt facere, qui terram in medio mundi detinuerunt.

„So geht nun Copernikus mit dem beherzten und ſicheren Schritt des Genies der Wahrheit immer gerade entgegen, ohne auf die mächtigen Stimmen zu achten, die ihm von allen Seiten zurufen: Du irrſt. — An jedem ſeiner Schritte, erkennt man den Gang des Erfinders. Da wo die Alten muthmaſsten — ſagt er: es muſs ſo ſeyn. — Und ſo entfaltet ſich ihm endlich das groſse Geheimniſs der Natur, welches dem Forſcherfleiſs von Tauſenden verſchloſsen blieb.“

13.

Wie ſehr die aſtronomiſchen Kenntniſſe zu den Zeiten der Griechen noch in ihrer Kindheit waren, und wie unmöglich es deſswegen für ſie war, ein Syſtem zu erfinden — das weder *Eudoxus*, noch *Hipparch*, noch *Ptolomæus* finden, und *Bako, Tycho, Riccioli Scheiner, Claramontius, Kircher* und ſo viele nicht annehmen konnten, als es ſchon gefunden war — — das ſieht man, wenn man *Plutarch de placitis*

*) Lichtenberg.

Philosophorum liest, wo Meynungen angeführt werden, die sich nur durch die grosse Kindheit, in denen die Kenntnisse damals waren, — erklären und entschuldigen lassen.

So sagte *Anaximander*: die Erde habe die Gestalt einer Säule, und Sonne und Mond wären grosse mit Feuer angefüllte Gefässe, auf deren Oberfläche ein rundes Loch wäre, wo das Feuer herausführe; und wenn sich dieses Loch verstopfe, dann entstehe eine Finsterniss.

Anaximenes hielt den Himmel für einen festen Körper aus einer äusserst reinen Erde, (blaues Wedgwood?) an dem die Sterne wie goldene Nägel sässen.

Anaxagoras fand die Ursachen der Sonnenwenden in der dicken Luft, die an den Polen ist, wo die Sonne nicht durch könnte. —

Er lehrte auch, dass Sonne und Mond Felsen und Stücke Landes wären, die durch die Schwungbewegung in die Höhe geschleudert würden — (Er scheint also eine Art von Copernikaner gewesen zu seyn, weil sich hiebey wenigstens die Erde um ihre Axe drehen musste,) und die da oben in der Region des Feuers durchglüheten, und in Brand geriethen.

Aristoteles hielt die Flecken im Monde für Meere und Länder der Erde, die sich im Mond abspiegelten. *) —

*) Dieser Satz scheint auf ganz eigenen catoptrischen Gesetzen zu beruhen, da diese Abspiegelung am besten zur Zeit des Vollmonds geschieht, wenn die Erde finster ist; ist sie hingegen

Theophrast glaubte, daſs in der Milchſtraſse die beyden Halbkugeln des Himmels zuſammengekittet wären, und daſs man durch die nicht ſorgfältig geſchloſſenen Ritze den Feuerhimmel durchſcheinen ſehe, welcher ſich nach ſeiner Meynung jenſeits des ſapphirnen Himmels befand.

Xenophanes lehrte, daſs die Sonne aus Feuertheilen beſtände, welche aus den feuchten Ausdünſtungen der Erde gezogen würden. — Jeden Abend erlöſcht die Sonne, und wird jeden Morgen wieder erneuert. Er lehrte ferner, daſs die Sterne feurige Wolken wären, welche ſich in den höhern Regionen ſammelten, und daſs der Mond eine gröſsere und mehr verdickte Wolke wäre. —

Ein ſolches Zeitalter war nicht reif für eine Weltordnung, die nicht, wie das Himmelreich, für die Unmündigen war, ſondern für die Mündigen. Auch geſteht dieſes *Bailly*; der aber übrigens doch glaubt, daſs ſchon mehrere Griechen Copernikaner waren, und daſs dieſes Syſtem deswegen von den *Atalantiden* herrühren müſſe. *)

im Neumond ganz erleuchtet, ſo geſchieht ſie nur ſehr dürftig. Es wunderr mich, daſs noch keiner auf die Idee gekommen iſt, daſs Ariſtoteles in dem Beſitz einer Optik war, die nachher verlohren ging, — und die das ungefähr für die Finſternifs war, — was ſpäterhin die Neutonſche für's Licht wurde. —

*) *Bailly* hat ſeine Hypotheſe von den untergegangenen cultivirten Atalantiden mit Gründen unterſtützt, wovon viele ihre Schwäche auf den erſten Anblick verrathen. — Allein es iſt nicht zu läugnen, daſs er vieles ſehr glücklich aus dieſer Hypotheſe erklärt, ſo z. B. woher es komme, daſs **Eratoſthenes** die Ent-

14.

In dem 18ten Bande der *Memoires de l'Acad. des Inscript* steht eine Abhandlung von *Mr. Freret*,

fernung der Sonne von der Erde schon so genau kannte, wie Cassini und la Caille, nämlich 20,200 Halbmesser der Erde, oder 10 1/2 Sek. Parallaxe. — Um indess über diese Hypothese zu entscheiden, muss man eben so viel Kenntnisse von der Alten Astronomie besitzen, wie Bailly besass. In Frankreich scheint man sie ziemlich allgemein für richtig zu halten, und desswegen nicht weiter zu untersuchen. In Deutschland sind mir, ausser einigen Spöttereien von Kæstner, auch keine nähere Untersuchungen darüber bekannt geworden. — Indess ist die Sache merkwürdig genug, um auch einmal von der entgegengesetzten Seite betrachtet zu werden, und es wäre zu wünschen, dass jemand denselben Fleiss, und denselben Scharfsinn anwenden möchte, um das Gegentheil zu beweisen, welche Bailly anwandte, um diese Hypothese zu unterstützen. — Die Wahrheit, sagte Georg Forster, steht nie sicherer, als zwischen einem kräftigen Pro, und einem kräftigen Contra. — Wenn ich hiebey etwas vorschlagen dürfte, so wäre es eine genaue Untersuchung der Frage: Welche Harmonieen kann der Zufall hervorbringen, sobald die Genauigkeit der Angaben nicht über eine gewisse Gränze geht? — Es ist bey dieser Hypothese schon gleich etwas vorhanden, was über ihre Wahrheit entscheiden kann, nämlich eine gewisse Uebereinstimmung in der Genauigkeit, welche die astronomische Wahrheiten unter sich haben müssen, wenn sie von einem cultivirten Volke abstammen. Ein Volk, welches eine Grösse von 10 1/2 Sek. schon so genau messen kann, dass der Fehler keine 2 Sek. beträgt, wird die übrigen Angaben auch verhältnissmässig genau gemacht haben. — Ohne Fernröhre scheinen diese genauen Messungen unmöglich zu seyn; und waren diese da, so müssten sie wenigstens die Jupiterstrabanten, und die Sichelgestalt der Venus kennen. — Aber

unter dem Titel: *Observations generales sur l'étude de la Philosophie ancienne.* — In dieser Abhandlung sucht ihr Verfasser zu beweisen, dass die Linien zu den wichtigsten Erfindungen der Neueren schon in den Alten lagen. So findet er die Neutonsche Centripedal- und Centrifugalkräfte schon im *Empedocles*, der 500 Jahre vor *C. G.* lebte. Denn dieser hat gesagt: dass das Universum durch zwey entgegengesetzte Kräfte, durch Liebe und Zwietracht (*L'amour et discorde*) zusammengehalten würde: — *termes poëtiques sous lesquels par un bizarrerie alors de mode il enveloppoit son systêm plutôt qu'il ne l'exposoit.* — Dieses Verhüllen seines Systems ist wirklich beym *Empedocles* so stark, dass ohne *Neuton* es vielleicht Herr *Freret* selber nicht herausge-

warum sollte dieses im Strom der Zeit untergegangen und die Entfernung der Sonne gerettet seyn, die für den Nichtastronomen, — und das waren doch die meisten — bey weitem so merkwürdig nicht war, wie jenes? — Obschon die alte Geschichte dunkel ist, so glaube ich doch, dass sie Data genug enthält, um über diese Hypothese bejahend oder verneinend entscheiden zu können. — Je enger die Fehlergränzen sind, desto weniger kann der Zufall walten. Und es ist leichter, nicht allein die 4 Grossen Propheten zu schreiben, sondern auch die 12 kleinen, als es vor 2000 Jahren war, die mittlere Umlaufszeit des Uranus, oder der Ceres, oder der Pallas, bis auf eine Minute genau zu bestimmen. — Dieser Satz ist so allgemein anerkannt, dass gewiss kein Astronom die biblischen Weissagungen bezweifeln würde. die, nach der Meynung einiger Theologen, in unsern Tagen in Erfüllung gehen, wenn unter ihnen nur e i n e a s t r o n o m i s c h e wäre, die eine Genauigkeit von einer Sekunde voraussetzte. —

funden hätte. — (Uebrigens glaubte derselbe *Empedocles*, daſs die Erde flach wie ein Teller ſey, und die Sonne reflektirtes Zentralfeuer.)

Daſs die Griechen das copernikaniſche Syſtem von den Chaldäern erhielten, und daſs es die Pythagoräer in Italien ſchon kannten, gehört bey unſerem Verfaſſer zu den ausgemachten Dingen. —

Il etoit le même dans tous ſes points, que celui de Copernic, par conſequent il ſeroit inutile de le detailler. Uebrigens führt Herr *Freret* keine Stellen aus den Alten an, mit denen er dieſes beweiſst. —

Man ſcheint ſich in Frankreich von jeher mehr wie in irgend einem andern Lande bemüht zu haben, die Entdeckungen der Neuern in den Alten zu finden. Die Franzoſen verliehren hiebey gerade am wenigſten, — und der Deutſche vielleicht gerade am meiſten.

„Die Kräfte des menſchlichen Geiſtes, ſagt er in der Einleitung zu ſeiner Abhandlung, ſind ſo eng begränzt, und die Gegenſtände unſrer Kenntniſſe ſind ſo wenig Veränderungen fähig, daſs die Anzahl der möglichen Verſetzungen bald erſchöpft werden muſs, und vielleicht können wir nach langer Zeit nichts thun, als wiederholen.“ Aus dieſem Satz folgert er nun, daſs es gute wäre, die Alten zu durchſuchen, um Erfindungen zu machen. *)

*) Herr Freret mag ſich Glück wünſchen, daſs die Deutſchen nicht ſo witzig ſind, als die Franzoſen, weil ſich von dieſem Satze leicht eine Anwendung auf den Verfaſſer machen lieſs, die dieſem nicht lieb ſeyn könnte. — Ueberhaupt ſcheint man

Als Herr *Freret* diefe Abhandlung fchrieb, da waren die neuen Planeten noch nicht entdeckt, fonft hätte er vielleicht in folgender Stelle des Seneka eben fo gut den Keim zu diefer Entdeckung gefunden, wie im Empedokles den zum Neutonfchen Syftem.

Credis autem in hoc maximo et pulcherrimo corpore, inter innumerabiles ftellas quæ noctem decore vario diftinguunt, quæ aërem minime vacuum et inertem effe patiuntur, quinque foles effe, quibus exercere fe liceat, ceteras ftare fixum et immobilem populum? Si quis hoc loco me interrogaverit: Quare ergo non quemadmodum quinque ftellarum, ita harum obfervatus eft curfus? — Huic ego refpondebo. Multa funt quæ effe concedimus; qualia fint ignoramus. — Habere nos animum — omnes fatebuntur: quid tamen fit animus ille rector dominusque noftri, non magis tibi quisquam expediet quam ubi fit. — Adeo anima non poteft liquere de ceteris rebus, ut adhuc ipfe fe querat. (*Quæft. nat. Lib.* 7. *Cap.* 24.)

oft in Frankreich zu leicht dem Schein der Aehnlichkeit gefolgt zu feyn, der zwifchen unbeftimmten Sagen, der Natur der Sache nach, fchon immer Statt finden mufs. — Daraus zum Beyfpiel, dafs Cambadoxes, der Jappanefifche Prophet, nach der Lehre der Jappanefifchen Gelehrten 10,000 Jahre in einer Höle fafs, um auf die Ankunft des falfchen Propheten Miroza zu warten, und fich feiner Lehre zu widerletzen, fchliefst Roubeau, das ihnen die Sage mit dem Propheten Elias aus den heiligen Büchern der Juden bekannt gewefen. — *Il eft difficile d'imaginer* — fährt er fort — *combien d'evenements tirés de nos Livres faints, font defigurés dans les fa-*

Unsere Naturkunde ist so wesentlich von der der Alten verschieden, dafs es eine sehr unglückliche Anwendung seiner Zeit ist, einzelne Stellen der Alten — deren gröfstes Verdienst ihre Dunkelheit, und ihre Unbestimmtheit ist, — auf die grofsen Entdeckungen der neuern Zeit zu deuten. — Die Alten hatten wenig Beobachtungen und gar keine Versuche, und ohne diese läfst sich bey allem Talent nicht viel in der Naturkunde machen. —

Was das Talent ohne dieses vermag, dafs sieht man an Seneka, der die vorhandene Masse des Wissens seines Zeitalters genialischer umfafste, wie Franklin und Lichtenberg die des ihrigen. — Und doch konnte Seneka gerade wegen der Dürftigkeit des Wissens die Entdeckungen der Neuern kaum ahnden. Und wie Seneca in die Zukunft sah, sah keiner vor ihm hinein, und keiner nach ihm bis auf den heutigen Tag.

So schön die eben angeführte Stelle an sich ist, so unrichtig ist sie in astronomischer Hinsicht. — Dafs wir, die wir, als Individuen betrachtet, weit hinter Seneka sind — dieses sagen können, ist nicht unser Verdienst, sondern das der Cultur, die nicht wir, sondern die achtzehn Jahrhunderte herbeygeführt haben, die zwischen uns und Seneka liegen. — Wir kennen beynah doppelt so viele Planeten, als Seneka, — aber doch bleibt immer noch die Frage von Seneka dieselbe: Sollen nur diese neun sich bewegen, und die

bles du pays. Hist. generale de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amerique par Robeau T. I. Pag. 119.

übrigen ein *fixus et immobilis populus* seyn? — und diese Frage wird dieselbe bleiben, auch wenn wir unsere Planetenzahl bis auf hundert brächten. — Den grossen Unterschied zwischen Planeten und Fixsternen, deren Ansehen für's blosse Auge sogleich ist, kannte Sokrates nicht; und um ihn kennen zu lernen, musste erst die Zeit die copernikanische Weltordnung, — die kepplersche Ellypse, das Fernrohr und *Bradleys* Zenithsektor herbeyführen.

Kæstner führt im zweyten Bande seiner Gesch. der Math. an, dass *Rheita* in dem Buche: *Oculus Enochi et Eliæ*, vermuthe: dass Saturn noch Planeten über sich sähe, die uns wegen zu grosser Entfernung verschwinden, oder für Cometen und neue Sterne gehalten werden, — und setzt nun die sehr richtige Bemerkung hinzu: „dieses ist ein Beweis, dass die Alten manchmal etwas auf's Gerathewohl gesagt haben, wozu neuere Zeiten die Bestätigung fanden.“

So erzählt *Bailly*, dass *Endymion*, Dianens Liebhaber, die ungleichförmige Bewegung des Mondes, und die Ursachen davon durch tiefes Nachdenken entdeckt habe. — Dass dieses möglich ist, das hat *Neuton* und *La Place* bewiesen, die auch durch Nachdenken Ungleichheiten im Mondlauf fanden, ehe sie beobachtet wurden, und eben so fanden sie die Ursachen davon durch tiefes Nachdenken. Dass indess *Endymion* schon solche Kenntnisse im Perturbationskalkül soll gehabt haben, ist nicht sehr wahrscheinlich — auch auf den Fall, dass schon des *Empedokles* Theorie der Anziehungs- und Fliehkraft (*l'amour et discorde*) bekannt gewesen wäre. (*Kæstner* würde hiebey bemer-

ken, daſs in unſeren Tagen ſich die Liebhaber mit ganz anderen Perturbationen beſchäftigten, als mit denen vom Monde.)

Man erzeigt den Mährchen der Alten wirklich oft zu viel Ehre, wenn man ſie für etwas weiter nimmt, als Mährchen. So erzählten die Phrygier, daſs ihre Nation älter wäre, als der Mond, und ein neuerer Schriftſteller hat daraus ſchlieſsen wollen, daſs der Mond in der That ſpäter als die Erde entſtanden ſey. —

15.

Es iſt oft ein groſser Vortheil für die alten Aſtronomen, daſs ihre Schriften verlohren gingen, und daſs wir das, was wir von ihren Meynungen wiſſen — nur aus den Berichten anderer Schriftſteller kennen. — Hätten wir von mancher Stelle den Zuſammenhang, ſo würder wir ſehen, daſs von etwas ganz anderem die Rede iſt, als was wir glauben; — und wenn die Alten wieder auferſtänden, ſo würden ſie ſich über das Alles wundern, was wir in ihren Schriften finden, und woran ſie oft ſelber gar nicht gedacht haben. — Zugleich erwächſt ihnen noch eine Art Rechtswohlthat aus dem Umſtande, daſs ſie von ſolchen Schriftſtellern angeführt werden, die ſelber nichts von Aſtronomie verſtanden, und daher noch den Verdacht gegen ſich haben, daſs ſie nicht einmal richtig citirten.

Ich will, um dieſes zu erklären, das als Beyſpiel nehmen, was *Nicolas von Cuſa*, nach den *Citaten* von *Riccioli* und *La Lande*, über die Bewegung der Erde ſagt. — Beyde führen die Originalſtellen an, aber auſſer dem Zuſammenhange, und man glaubt,

dafs ein Mann, der fo beftimmt über die Bewegung der Erde fpricht, wenigftens 100 Jahre nach Copernikus müfste gelebt haben. —

Ich will ihn zuerft fo citiren, wie ihn etwa Plutarch in feinen *placitis philofophorum* würde angeführt haben; — dann will ich diefes Citat critifch ergänzen, wie etwa *Bailly* oder ein Anderer thun würde, uud zuletzt die Originalftelle im Zufammenhange anführen. —

„*Nicolas von Cufa*, war ein Deutfcher, gebohren zu *Cufa*, einem Dorfe an der Mofel im Trierfchen. Er war viel gereift, war in Griechenland und Italien, und befals grofse mathematifche und aftronomifche Kenntniffe. Er fchrieb ein Buch über die Chorden, über die Meffung der Curven, und über die Verbefferung der Adolphinifchen Tafeln. Auch fchrieb er ein Buch *de docta ignorantia*, in welchem er die Bewegung der Erde lehrte. — Zugleich lehrte er, dafs wir defswegen die Bewegung der Erde nicht merken können, weil wir nichts haben, womit wir fie vergleichen. — So bemerke man auch die Bewegung nicht, wenn man im Innern eines fegelnden Schiffes fey. — Ferner lehrte er, dafs man auf der Sonne, auf dem Jupiter, auf dem Mars eben fo glauben würde, im Mittelpunkt unbeweglich zu feyn, nur würde man da andere Pole der Bewegung feftfetzen, als auf der Erde. — Er lehrte ferner, dafs die Bahnen der Sonne, des Mondes und der Erde keine vollkommne Zirkel wären, — auch dafs die Erde zwar nach der Kugelgeftalt hinneige, aber doch keine vollkommne Kugel fey. Ferner: dafs die Antipo-

den ſich eben ſo im Mittel glaubten als wir, und daſs, wenn man auf dem Pol wäre, der Drehungspunkt im Zenith liege.

So weit Plutarch — nun Bailly.

„Man findet in der angeführten Stelle wieder einen auffallenden Beweis für die Meynung, daſs die Alten ſchon die wahre Weltordnung kannten. — *Nicolas von Cuſa* wuſste nicht allein, daſs ſich die Erde bewege, ſondern auch daſs ihre Bahn kein Zirkel wäre. Eben ſo wuſste er, daſs die Erde zwar eine Kugel wäre, aber keine vollkommne. — Was kann dieſes anders heiſsen, als: die Bahn der Erde und der übrigen Körper ſind Ellypſen, und die Erde iſt ein Sphäroid? — Ferner lehrte er: daſs man überall ſich in der Mitte glaube, und daſs unſere Antipoden das eben ſo gut meynten, als wir. Ferner: „daſs, wenn man auf dem Mars wäre, oder auf dem Jupiter, oder auf der Sonne, daſs man dann wieder ganz andere Drehungspunkte der Bewegung annehmen würde.» Dieſes iſt natürlich, weil alle ſich ſo, wie unſere Erde, um ihre Axe drehen. Aber um dieſe Axendrehung zu kennen, werden Fernröhre vorausgeſetzt? — Wie löſen wir dieſen Widerſpruch, da die Fernröhre erſt lange nach *Nicolas von Cuſa* erfunden wurden? — Er war ein Mann, der groſse aſtronomiſche, und mathematiſche Kenntniſſe beſaſs, der die Fehler der aſtronomiſchen Tafeln berechnete, und der Sehnen zu beſtimmen, Curven zu behandeln wuſste; — aber alle Kenntniſſe ſeines Zeitalters reichten nicht hin, um die Ellipſe zu kennen, und die abgeplattete Geſtalt der Erde. —

Ist dieses nicht wieder ein neuer Beweis von jenem gebildeten Urvolk, von dem wir schon so manche Spuren in der Geschichte fanden, und das von der alles verschlingenden *Zeit*, im Laufe der Jahrtausende, bis auf wenige Spuren vernichtet wurde? — Der Umstand, den Plutarch bemerkt, dass *Cusa* nach Italien und Grichenland reiste, dient uns hier zum Wegweiser. — „Wer einmal am Reisen ist, reist leicht weiter», und was sollte *Cusa*, der einmal aus Deutschland nach Griechenland ging, abgehalten haben, auch weiter in's Morgenland einzudringen? — Aber wenn dieses auch nicht war, so kann man annehmen, dass er in Italien und Griechenland mit gelehrten Leuten Umgang hatte, die entweder selber im Morgenlande gewesen, oder doch Nachrichten von anderen, die da waren, erhalten hatten. — Da *Cusa* ausgebreitete mathematische und astronomische Kenntnisse besass, so wusste er diese Bruchstücke besser zu nutzen, als die übrigen. Er sah ihre Wichtigkeit ein und sammelte sie sorgfältig; und daher wird es nun begreiflich, warum wir bey ihm mehr Zusammenhang in seinen Kenntnissen finden, als bey irgend einem Alten. — Es war wohl sehr verzeihlich, dass er dem Beyspiel der Griechen folgte, welche — wenn sie aus dem Morgenlande kamen, — auch oft das, was sie von andern empfangen, für ihre eigene Erfindungen ausgaben. Aber welch einen Begriff bekommen wir hier von den Kenntnissen der untergegangenen Atalantiden? — Wir finden sie im Besitz des Fernrohrs und im Besitz von Gradmessungen, weil sie ohne diese die abgeplattete Gestalt der Erde nicht

kennen könnten. Ferner wiſſen ſie, daſs die Planetenbahnen Ellipſen ſind, und daſs die Planeten und die Sonne ſich um ihre Axe dreheu. — Sie waren alſo völlig ſo weit in ihren Kenntniſſen, als wir am Ende des achtzehnten Jahrhunderts. —

Zum Schluſs ſey mir erlaubt, noch ein Paar Bemerkungen zu machen. *Cuſa* ſagt: daſs, wenn man auf dem Pol ſtände, man den Himmel ſich um's Zenith drehen ſähe — dieſe Wahrheit kann man freylich durch Nachdenken finden, aber könnten jene cultivirten Atalantiden ſie nicht durch unmittelbare Beobachtungen gefunden haben? — Wir haben ſchon früher die Bemerkung gemacht, daſs ſie wahrſcheinlich aus dem Norden von Aſien ſich nach Mittel- und Südaſien herabgezogen hätten, — weil ſie wuſsten, daſs nach den Polen hin die Sonne nicht mehr untergehe, ſondern wieder in die Höhe ſteige, ohne den Horizont zu berühren. Auch ſtimmt dieſes vortrefflich mit der Idee des ſcharfſinnigen Grafen *von Büffon*, der auch glaubt, daſs die Erde um die Pole am erſten erkaltet, und bewohnbar geworden ſey. — Damals konnte man ſich alſo, was jetzt nicht mehr möglich iſt, durch den unmittelbaren Augenſchein von dem überzeugen, was *Cuſa* ſagt: auch ſtimmt die Bemerkung, daſs das Eis jetzt von Jahr zu Jahr den Zugang zu den Polen mehr verſchlieſst, mit dieſer Vorausſetzung ſehr gut. —

Ferner ſagt *Cuſa*, daſs unſere Antipoden ſich eben im Mittelpunkt der Bewegung glauben, als wir. Auch

dieſes läſst ſich durch Nachdenken finden; — aber ſollte ein Volk, welches ſo groſse aſtronomiſche Kenntniſſe hatte, daſs es die Abplattung der Erde und die Ellipſe kannte, — und im Beſitz des Fernrohrs war, nicht verhältniſsmäſsige Kenntniſſe in der Schiffahrtskunde gehabt haben? — Und wenn es dieſe hatte, ſo iſt es ſehr wahrſcheinlich, daſs es die Welt mehr als einmal umſchiffte, — und die Antipoden nicht durch Nachdenken, ſondern durch eigene Anſicht kennen lernte.

Ein Volk aber, das eine ſolche Cultur hatte, kannte vielleicht ſchon die Stöhrungen, die die Ellipſen durch die wechſelſeitige Anziehung der Planeten erleiden, und auch die Unregelmäſsigkeiten, die unſer Erdſphäroid noch auſſer der Abplattung hat. — Vielleicht wollte das *Cuſa* dadurch anzeigen, daſs die Bahnen nicht vollkommen zirkelförmig wären, und die Figur nicht vollkommen ſphäriſch, obſchon ſie ſich dahin neigte. — *Plutarch*, der keine aſtronomiſche Kenntniſſe hatte, hat ſich hierüber nicht beſtimmt ausgedrückt, und wir wollen uns daher nur begnügen zu bemerken, daſs ein Volk, welches durch den Beſitz des Fernrohrs im Stande war, ſich genaue Meſsinſtrumente zu verſchaffen, ſehr bald alle die Stöhrungen im Planetenlauf wahrnehmen muſste, welche unſere Aſtronomen jetzt beobachten, — und da muſs man die Möglichkeit wenigſtens eingeſtehen, daſs ſie die Kepplerſchen Geſetze, und die Neutonſche Attraktionslehre kennen konnten. — Aber wir brechen ab, weil es die Pflicht des Geſchichtſchreibers

ist, alle Data zu sammeln und auseinander zu setzen, aber zugleich dem Urtheil der Leser nicht vorzugreifen. Soweit *Bailly* — jetzt die Originalstelle. —

„*Nicolaus Cusanus de docta ignorantia Cap.* 11. Man kann die Welt nicht zwischen gewisse Grenzen einschliessen, denn der Welt Mittelpunkt und Umfang ist Gott. — Und obschon die Welt nicht unendlich ist, so kann man doch auch nicht sagen, dass sie endlich sey, weil ihr die Grenzen fehlen, mit denen sie begrenzt werden könnte. Die Erde also, welche der Mittelpunkt nicht seyn kann, kann nicht ohne Bewegung seyn. Auch hat weder die Welt oder irgend eine andere Sphäre einen wahren Mittelpunkt, weil dieser gleich weit von dem Umkreise entfernt ist, und es keine so vollkommne Sphäre gibt, dass nicht eine noch vollkommnere möglich sey. Aber Gott ist die unendliche Gleichheit, und deswegen ist er der Mittelpunkt der Erde und der Welt. — Einige Sterne scheinen grosse Zirkel zu beschreiben, — andere kleiner, aber keiner ist völlig unbewegt. — Die Pole der Sphäre fallen mit dem Mittelpunkte zusammen, welcher Gott ist. — Es findet sich kein Stern, der den grössten Zirkel beschreibt; weil keiner da ist, der den kleinsten beschreibt. Wir erkennen die Bewegungen nur durch Vergleichung mit etwas fixem, wie Pole und Mittelpunkte sind. Wir setzen dieses im Messen der Bewegungen voraus, und wundern uns, dass die berechneten Orte der Sterne mit den beobachteten nicht zutreffen, obschon wir glauben, dass wir dieses richtig aus den Maassen der Mit-

telpunkte und Pole hergeleitet haben. — Hieraus ist klar, daſs ſich die Erde bewegt, und weil wir aus der Bewegung der Cometen, der Luft und des Feuers erfahren, daſs ſich die Elemente bewegen — und der Mond weniger von Morgen nach Abend, als der Merkur, Venus und die Sonne, ſo folgt hieraus, daſs die Erde langſamer bewegt werde, als alle. Sie beſchreibt weder den kleinſten noch den gröſsten Zirkel. Weder die Sonne, noch der Mond, noch die Erde beſchreiben einen wahren Zirkel, weil keiner möglich iſt. — Wenn man auf dem Pol iſt, ſo ſcheint der Mittelpunkt im Zenith zu ſeyn. Unſere Antipoden haben, wie wir, den Himmel über ſich, und überall, wo man iſt, glaubt man im Mittel zu ſeyn.

Cap. 12. Dieſes alles haben die Alten nicht berührt, weil ſie in ihre gelehrte Unwiſſenheit vertieft waren. Aber uns iſt es bekannt, daſs die Erde wirklich bewegt werde — obſchon es uns nicht ſo ſcheint, denn wir bemerken keine Bewegung, als nur durch Vergleichung mit etwas unbewegtem. Wenn jemand nicht weiſs, daſs das Waſſer flieſst, und er die Ufer nicht ſieht, und mitten im Schiff ſteht, wie kann er dann merken, daſs das Schiff bewegt werde? — Und deſswegen muſs ein jeder, er ſey auf der Erde, oder auf der Sonne, oder auf irgend einem andern Stern, glauben, daſs er ſelber im Mittelpunkt unbeweglich wäre, und daſs alles andere ſich bewege. — Dieſer wird immer andere, und wieder andere Pole der Bewegung feſtſetzen. Anders wird er ſie ſetzen auf der Sonne, anders auf der Erde — anders auf dem Mon-

de, anders auf den Mars, und wieder anders auf den übrigen. Hieraus folgt, daſs die Weltmaſchine überall einen Mittelpunkt hat, und nirgends einen Umfang, weil Umfang und Mittelpunkt Gott iſt, der überall iſt, und nirgends. (Und nachher:) Die Erde iſt nicht ſphäriſch, wie die Alten geſagt haben, obſchon ſie ſich dahin neigt. Die Figur der Erde und ihre Bewegung ſind in ſich zurücklaufend. Wenn eine unendliche Linie, die in ſich ſelber zurückläuft, ſo vollkommen iſt, daſs keine vollkommnere möglich iſt, — dann iſt ſie zirkelförmig, denn der Anfang fällt dann mit dem Ende zuſammen; — die vollkommenſte Bewegung iſt die zirkelförmige — und die vollkommenſte Figur der Zirkel. Es ſcheint, daſs die Erde zwiſchen die Region der Sonne und des Mondes geſtellt iſt.» So weit *Cuſa.* *)

*) Nicolas war der Sohn eines Fiſchers, Namens Johann Krebs, zu Cuſa an der Moſel. Er ging in ſeiner Jugend nach Italien, und wurde Geiſtlicher. Seine Talente und ſeine Kenntniſſe zogen die Aufmerkſamkeit des Pabſtes auf ſich. Eugen ſchickte ihn nach Griechenland, um an der Vereinigung der morgenländiſchen und abendländiſchen Kirche zu arbeiten. Nachher wurde er als *Legatus a latere* auf das Conſilium zu Baſel geſchickt. Doch verlieſs er dieſes unter dem Vorwande: weil Baſel unter einem böſem Geſtirn liege. Zur Belohnung ſeiner Verdienſte ernannte ihn der Pabſt zum Biſchof von Brixen, und zum Cardinal. Er ſchrieb viele mathematiſche und theologiſche Schriften, unter andern: über die Chorden, über die Meſſung der Curven, über die Verbeſſerung der alphonſiniſchen Tafeln — über das Ballſpiel — über die Quadratur, *de venatione ſapientiæ*, — *de viſione Dei* — *de docta*

Ich habe deſswegen ſo viel überſetzt, damit man aus dem Zuſammenhange ſehen kann, was *Cuſa* geſagt, und was er nicht geſagt hat. Wenn man eine einzelne Stelle aus dem Zuſammenhange nimmt, ſo wundert man ſich oft darüber, wie viel ſie ſchon da-

ignorantia — und *apologia doctæ ignorantiæ.* Er ſtarb im Jahr 1464. Copernikus wurde erſt 1473 gebohren. Man findet mehrere Nachrichten von ihm, in Jöchers Lexicon unter NICOLAUS de Cuſa, und in Kæſtners Geſchichte der Mathematik. Riccioli führt in ſeinem Almageſt T. II. pag. 292. einige Stellen aus ihm an, und rechnet ihn zu den Schriftſtellern, die nur die tägliche Bewegung der Erde annehmen, und nicht die jährliche. — Aber nachher bemerkt er, daſs er doch oft ſo ſpräche, als wenn er auch die jährliche glaube. Da aber Cuſa an einer anderen Stelle ſagt: „die Rede iſt „mächtiger, wie alles Erſchaffene. Denn die Engel oder „die geiſtigen Weſen bewegen die Welt, die Sonne und die „Sterne, aber die Rede iſt mächtiger wie dieſe, weil ſie die Ge„ſtirne ſtill halten kann, — denn es machte die Rede Johannis „die Sonne ſtillſtehend" ſo ſchlieſst Riccioli hieraus, daſs er ſich entweder widerſpräche, oder daſs er ſich eines beſſern beſonnen hätte. Daſs der ketzeriſchen Meynung von der Bewegung der Erde ein Biſchof anhing, der Cardinal und *Legatus a latere* war — und der, was das ſchlimmſte war, ſchon vor 150 Jahren mit Ehren unter die Erde gekommen, — dieſes ſcheint Riccioli ein wenig in Verlegenheit geſetzt zu haben. — La Lande führt in ſeiner Aſtronomie (1ſter Theil pag. 400 dritte Ausgabe) die Stelle aus Cuſa an, wo er ſagt, daſs man keine Bewegung als durch Vergleichung mit etwas Unbewegtem erkennen könnte — und ſetzt am Ende hinzu. *Auſſi le Cardinal Cuſa attribuoit un mouvement à la Terre, mais d'une manière plus aſtronomique.* (?)

mals wuſsten. Liest man man aber die ganze Seite, auf der die Stelle ſteht, ſo kommt man bald von dieſer guten Meynung zurück.

Riccioli glaubt, daſs Copernikus das Gleichniſs mit dem Schiffe von Cuſa entlehnt habe. — Allein dieſes iſt nicht wahrſcheinlich. Das Faktum, daſs man in einem Schiffe nicht weiſs, ob es treibt oder ob es ſtill liegt, iſt eine zu bekannte Sache, als daſs Copernikus, — der ſein Syſtem 36 Jahre hindurch von allen möglichen Seiten betrachtet hatte, nicht ſollte von ſelber darauf gekommen ſeyn. — Copernikus citirt den Cardinal Cuſa gar nicht. — Es iſt nicht wahrſcheinlich, daſs er die Schriften ſeines gelehrten und berühmten Landmanns nicht ſollte gekannt haben. Aber Copernikus wollte vermuthlich keine methaphyſiſche Philoſopheme zu Gunſten eines Syſtems anführen — welches ſich nicht auf Philoſopheme, ſondern auf Beobachtungen ſtützte. Es ſcheint ganz in ſeinem einfachen Charakter zu liegen, etwas nicht zu nutzen, wodurch er nur der einfältigen Menge imponirt — aber nicht der Wahrheit gehuldigt hätte.

16.

Wie ſehr das, was Copernikus über die wahre Weltordnung lehrt, von dem verſchieden iſt, was die Alten darüber philoſophirten, das ſieht man, wenn man ſein unſterbliches Werk *de revolutionibus* liest.

Im erſten Buche gibt er eine Ueberſicht über den Inhalt des ganzen Werks. — Er lehrt in dieſem,

daſs die Erde rund ſey, daſs die Bewegungen der himmliſchen Körper gleichförmig wären — daſs die Erde ſich um ihre Axe drehe und zugleich um die Sonne — und daſs die Himmel unendlich groſs gegen die Gröſse der Erde und ihrer Bahn wären.

Dann unterſucht er, warum die Alten die Erde in den Mittelpunkt der Welt ſetzten, und handelt zuletzt von den geradlinichten und kuglichten Dreyecken, die er im Verfolge bey ſeinen Rechnungen gebraucht.

Im zweiten Buche handelt er von den verſchiedenen Kreiſen der Aſtronomie — dem Aequator — der Eklyptik — dem Meridiane, — und über die verſchiedenen Winkel, die ſie mit einander machen. — Dann gibt er Tafeln über die Unterſchiede der ſchiefen Aufſteigungen für verſchiedene Polhöhen. — Ueber die verſchiedene Eintheilung der Erdbewohner nach den Schatten. — Ueber die verſchiedenen Winkel des Horizonts mit dem Thierkreiſe, Tafeln hierüber für verſchiedene Polhöhen. — Ueber die Orte der Fixſterne, und die Art ſie zu beſtimmen. Den Beſchluſs macht ein Fixſternverzeichniſs von 32 Quartſeiten.

Im dritten Buche handelt er vom Fortrücken der Nachtgleichen und Sonnenwenden. — Von der Veränderung der Schiefe der Ekliptik. Tafeln über das Fortrücken der Nachtgleichen. — Ueber den

groſsen Unterſchied zwiſchen dem mittlern und ſcheinbaren Fortrücken der Nachtgleichen. — Von der Gröſse des Sonnenjahrs und ſeiner Verſchiedenheit — Sonnentafeln. — Ueber die Ungleichheiten in der ſcheinbaren Bewegung der Sonne. Erklärung derſelben. — Ueber die Ungleichheiten der ſcheinbaren Zeit. — Urſachen derſelben.

Im vierten Buche handelt Copernikus über den Lauf des Mondes, und über ſeine Ungleichheiten. Tafeln über den Mondlauf. — Ueber die erſte und zweite Ungleichheit des Mondes, und ihre Urſachen. Abſtand des Mondes von der Erde. — Vom Durchmeſſer des Mondes und des Erdſchattens bey Finſterniſſen. Ueber die Schwierigkeit, die Parallaxe zu beſtimmen. Wie findet man die Entfernung der Sonne und des Mondes von der Erde? — Von der wahren Gröſse der Sonne des Mondes und der Erde. — Ueber die Ungleichheiten im ſcheinbaren Sonnen- und Monddurchmeſſer. — Ueber die Urſachen des verſchiedenen Durchmeſſers des Erdſchattens. Tafeln über die Sonnen- und Mondparallaxe. — Ueber die Beſtimmung der wahren Zuſammenkünfte und Gegenſcheine der Sonne und des Mondes. — Wie beſtimmt man die Gröſse der Finſterniſſe?

Im fünften Buche unterſucht Copernikus, die Bewegungen der Planeten. — Tafeln über den Lauf des Saturns, Jupiters, Mars, Venus und Merkurs. Meynungen der Alten über dieſe Bewegungen. — Erklärung der Ungleichheiten in der ſcheinbaren Bewe-

gungen, aus der Bewegung der Erde. Ueber die Bewegung des Saturns, und über ſeine Entfernung von der Sonne. Ueber die gleichförmige Bewegung des Jupiters, und die ſcheinbaren Ungleichheiten, die aus der Bewegung der Erde kommen. Ueber den Mars — Beſtimmung der Orte des Mars — über die Gröſse ſeiner Bahn. Ueber die Venus und über die Gröſse ihrer Bahn gegen die Erdbahn. — Unterſuchung über die Bewegung der Venus und ihre Ungleichheiten. — Ueber den Merkur, — über ſeine Excentriscität, und über die Orte ſeiner Abſidenlinie. — Ueber die Urſachen ſeiner verſchiedenen Abweichungen von der Sonne. — Ueber ſeine mittlere Bewegung. — Tafeln über die Unterſchiede zwiſchen den wahren und ſcheinbaren Bewegungen der fünf Planeten. Ueber ihr Stillſtehen und Rückläufigwerden, nebſt der Beſtimmung, wann und wo dieſes geſchieht.

Im ſechsten Buch unterſucht er nun die Wirkung, welche die Bewegung der Erde auf die Bewegung der Planeten in der Breite hat. Im vorigen Buche hatte er dieſes für die Bewegung der Planeten in der Länge unterſucht. — Die Urſache der Veränderungen in der Breite iſt die verſchiedenen Neigungen ihrer Bahnen gegen die Erdbahn. — Beſtimmung der Gröſse dieſer Neigungen. — Tafeln für die Breiten der obern und untern Planeten. *Finis libri ſexti et ultimi Revolutionum.*

Alle dieſe Sätze ſind nicht, wie die Philoſopheme der Alten, ſchwankend und dunkel, ſondern beſtimmt

und mit 150 in Holz geschnittenen Figuren erläutert. Das Werk ist in groß Quart gedruckt, und nimmt etwas über 2 Alphabete ein. Die Figuren, welche zwischen dem Texte stehen, sind sehr sauber geschnitten.

Das Werk ist selten, und im Buchhandel gar nicht mehr zu haben. — Es wäre daher zu wünschen — nicht daß eine neue Auflage davon gemacht würde, sondern eine gute deutsche Uebersetzung, damit ein Werk, welches deutsch gedacht wurde, auch deutsch in Deutschland könnte gelesen werden. Viele Werke veralten, und überleben sich selber, wenn sie auf die Nachwelt kommen. — Aber des Copernikus 6 Bücher *de revolutionibus* stehen noch jung und jugendlich da — und man liest sie jetzt noch mit derselben Freude, mit der sie einst *Rhetius* und *Mæstlin* lasen. — Alles genialische veraltet nie — es blüht in ewiger Jugend, und kein Zeitalter kann sich darüber hinausbilden. —

Copernikus hat das seltene Glück großer Männer gehabt, daß ein anderer späterer sein Leben — seine Thaten, und seinen Charakter darstellte. *Leben des Copernikus von Lichtenberg, im dritten Theil des Pantheon der Deutschen.*

Der Genius wird nur vom Genius verstanden, die edlere Natur nur von ihres Gleichen. — In einem Buche, in dem Copernikus so oft genannt wird, — und bey Versuchen, die ihm allein ihr Da-

ſeyn verdanken, ſtehen einige Züge aus dem Leben dieſes berühmten Mannes nicht ganz an der unrechten Stelle.

Nicolaus Copernikus ward zu Thorn, einer alten preuſsiſchen Stadt am rechten Ufer der Weichſel, da wo ſie aus Polen in die preuſsiſche Grenze tritt, am 19ten Febr. 1473. gebohren. — Sein Vater, *Nicolaus Köpernik*, war 10 Jahre vorher Bürger in Thorn geworden. *) Seine Mutter war die Schweſter des

*) Zernekens Thornſche Chronik von 1463. — Wo mag die Familie Köpernik herſtammen? — Man ſieht aus Zernekens, daſs ſie in Thorn neu war. Mein Freund, der Prediger Möller in Elſey, bekannt durch ſeine Unterſuchungen über die Entſtehung des weſtfäliſchen Bauernhofes, ſchrieb mir einmal folgendes hierüber: „Wiſſen Sie nicht, wo die Familie des berühmten Copernikus herſtammt? — Ich finde den Namen Köpern auf mehreren Bauernhöfen unſerer Grafſchaft, und Sie wiſſen, daſs im Mittelalter viele Auswanderungen aus Weſtfalen nach Preuſsen waren. — Daher noch ſo viele Worte in der preuſsiſchen Volksſprache, die ſich eben ſo in der unſers Süderlandes finden. — So heiſst ein Dünnbier, welches ſich der Bauer braut, im Preuſsen Tſchemper; — denſelben Namen hat es bey uns. — Sollte das nicht mit Sicherheit auszumitteln ſeyn, ob Copernikus weſtfäliſcher Abkunft war? — Barthold Schwarz, der Erfinder des Schieſspulvers, ſoll aus Dortmund geweſen ſeyn. — Wir haben ein Beywort in unſerer Volksſprache, das Köpern heiſst, man ſagt es von jemand, dem es genau hält, der ſchwer zu befriedigen iſt. — Wenn Vaterland und Namenherleitung richtig wäre, ſo ſcheint ſich ſchon frühe in der Familie das *punctum ſaliens* des künftigen Menſchenverſtandes geregt zu haben, welches endlich in Copernicus das wahre Weltſyſtem hervorbrachte." —

nachherigen Bischofs von Ermeland, *Lucas Waisselrodt* genannt von *Alten*. — Von einem Bruder, den *Copernikus* noch hatte, weiss man bloss, dass er sich einmal in Rom aufgehalten hat. Selbst sein Vorname ist unbekannt. — Seine Geringfügigkeit muss allerdings gross gewesen seyn, da ihn selbst der Glanz seines Bruders nicht einmal recht sichtbar machen konnte, der doch in das ganze System seiner Verwandschaft so helle hineinleuchtet, dass dadurch sogar ein Barbier, Martin Köpernik, bemerklich wurde. Die Chronick nennt diesen und sagt, er sey am 11. Aug. 1602. reich gestorben.

Von der Schule zu Thorn ging Copernikus nach Crakau, um Medicin zu studiren, in der er auch Dock-

„Ich habe die Vorrede des Copernikus mehrmals mit Aufmerksamkeit gelesen. Nach meinem Gefühl hat der ehrwürdige Greis seine Ideen nicht von den Alten entlehnt, sondern sein genialischer Geist entdeckte sie durch seine eigene Kraft. Die Ruhe und Einfalt, die Ueberzeugung und Klarheit, womit Copernikus von seiner Weltordnung als von seinem Eigenthum spricht, ist mit nichts zu vergleichen, und man muss sich wundern, dass er schon im Stande war, eine so vielseitige Anwendung davon zu machen. » Gessner und Ernesti glaubten, dass die copernikanische Weltordnung schon in den dunklen und mystischen Orphyschen Hymnen enthalten sey, — in denen noch vieles aus den Mysterien von Eleusis seyn soll. — Gessner entdeckte sie auch in folgendem Verse des Claudian nach seiner Meynung sehr deutlich.

— *Sol qui flammigeris, mundum complexus habenis*
Volvis inexhausto redeuntia secula motu.

Ich kann das Deutliche darin nicht finden. Vielleicht sind Sie glücklicher. »

B.

tor wurde. Zugleich ſtudirte er alte Sprachen, Philoſophie, und vorzüglich Mathematik, mit der er ſich ſchon in ſeinen früheſten Jahren beſchäftigt hatte. Er lernte bey dem Profeſſor der Mathematik, *Albert de Brudzevo*, den Gebrauch des Aſtrolabiums kennen, und hörte hier die Namen *Peurbach* und *Regiomontan* und ihren Ruhm. *Peurbach* und *Regiomontan* waren die Wiederherſteller der Aſtronomie in Europa. Zwey Deutſche, die früh ſtarben, aber lange genug für ihren Ruhm lebten. Der erſte wurde nur 35 Jahre alt, und der letztere nur 40. — Vorzüglich war es *Regiomontans* groſser und ausgebreiteter Ruf, der ihn entflammte. Er wollte dem Manne gleichen, der den Himmel genauer beobachtet und gekannt hatte, als alle ſeine Vorgänger — den Rom zu ſich rief, um von ihm zu lernen, und der für ſeine Verdienſte im *Pantheon* begraben liegt.

Sein Vaterland und Polen war für ſeinen wiſsbegierigen Geiſt zu enge. Er ging deſswegen, als er 23 Jahr alt war, nach Italien. Hier fingen die Künſte und Wiſſenſchaften nach dem Umſturz des orientaliſchen Kaiſerthums an aufzublühen. Italien war jetzt in ſeinem goldenen Zeitalter, und jede etwas beträchtliche Stadt war ein kleines Athen. Copernikus ging zuerſt nach *Bologna*, wo damals *Dominikus Maria* die Aſtronomie mit groſsem Beyfall lehrte. — Copernikus wurde bald Freund und Gehülfe des Lehrers. — *Maria* hatte die Grille zu glauben, die Polhöhen hätten ſich ſeit des Ptolomäus Zeiten merklich geändert, und z. B. die von Cadix habe über einen ganzen Grad zu-

genommen. — Er trug diese Meynung dem Copernikus vor, und es soll den Lehrer, sagt *Gassendi*, sehr gefreut haben, dass sie der Schüler nicht missbilligte. — Die Freude des Lehrers bey einer solchen Veranlassung macht dem Lehrling Ehre, selbst wenn diese Nichtmissbilligung, wie wahrscheinlich ist, etwas mehr war, als ein bloſses Compliment. — Der stille, strenge, ernste Copernikus war nicht von solcher Art. Auch war er kein durchfliegender berühmter Reisender, von dem man wohl solche fliegende Urtheile anmerkte. — Die Leute lebten beysammen, und hatten sich über die Sache besprochen. Ich denke: vielleicht hatte sein ganz eminenter Sinn für Ordnung und Einfalt der Natur damals den Ptolomäischen Wirrwar schon lästig gefunden, und schon auf Verbesserung gedacht. — In einer solchen Lage hörte sich jede neue Meinung eines berühmten und erfahrnen Mannes schon allein wegen der Hoffnung gern an, in ihr vielleicht ein Rettungsmittel zu finden, — oder wo nicht, — sich wenigstens berechtigt glauben zu können, den ganzen Plunder einmal wegzuwerfen, und von neuem anzufangen. An diesem Orte beobachtete er den 9. März Abends 11 Uhr die Bedeckung Aldebarans durch den Mond.

Im Jahr 1500 erscheint er in Rom. Er beobachtete hier die Mondfinsterniss vom 6. November. — Er wurde in Rom mit groſser Achtung aufgenommen. Er wurde zum Lehrer der Mathematik ernannt, und las mit groſsem Beyfall vor einer gemischten Versammlung von Groſsen und Künstlern. — Man setzte ihn jetzt schon dem *Regiomontan* an die Seite. — Vom

Arzt Copernikus hört man hier nichts — es war bloſs der Mathematiker und Aſtronom, den man ehrte und ſuchte. — Schade, daſs es hier ſo ganz an Nachrichten fehlt, die einiges Licht auf dieſen Theil ſeines Lebens werfen könnten. — Die Aeuſserungen ſeines Genies gegen die, mit denen er lebte, und die ihn beurtheilen konnten, müſſen groſs, und überhaupt ſeine Talente ſehr hervorſtechend geweſen ſeyn. — Ueberall wohin er ging, ging ſein Ruf vor ihm her, — wovon wir die Folgen ſehen, aber nicht immer den Grund, wenigſtens nicht beſtimmt.

Indeſs löst ſein nachheriges Leben dieſes Räthſel zum Theil, läſst hier und da durch den Nebel blicken, der über dieſer ſeiner Jugendgeſchichte hängt. Copernikus beſaſs gar keine Eitelkeit. Was er für die Wiſſenſchaften that, erfuhren nur ſeine Freunde. Dieſe ſprachen von ihm mit Freunden, und ſchrieben von ihm an Freunde. — Aber mit der Nachwelt von ihm zu ſprechen, dazu hatte wohl mancher nicht einmal die Abſicht, oder, wenn er ſie hatte, nicht immer die Fähigkeit. So verhielt es ſich alſo wahrſcheinlich mit ihm ſchon in Italien, am Anfang ſeiner Laufbahn, wie es ſich ganz ausgemacht mit ihm am Ende derſelben zu Frauenburg noch verhielt. — Selbſt von ſeinen unſterblichen Bemühungen über die Ordnung der Planeten hörte man zuerſt von einem ſeiner Freunde. — Das Werk ſelbſt, die mühſame Frucht eines ſtillen, faſt ſechsunddreiſsigjährigen Nachdenkens, wurde ihm gleichſam abgenöthigt, und die Welt, die er damit erleuchtet hat,

erhielt es von ihm durch einen traurigen Taufch, erft in dem Jahre als fie ihn felbft verlor.

Von Rom kehrte er in fein Vaterland zurück, wo ihm fein Oheim Lucas von Waifselrodt, Bifchof von Ermeland, ein Canonicat am Dom zu Frauenburg ertheilte. — Er verliefs nachher Frauenburg nie wieder, — kleine Reifen ausgenommen, gröfstentheils in Gefchäften des Bischthums oder feines Kapittels, und wahrfcheinlich ruhen feine Gebeine noch da.

Sobald die mannichfaltigen Verdriefslichkeiten, die er anfangs wegen feiner Beförderung hatte, durch das Anfehen feines Onkels aus dem Wege geräumt waren, und er im ruhigen Befitz feines Canonikats war, fo fetzte er drey Lebensregeln feft, die er fich ftrenge zu beobachten vornahm. — Erftens, feine gottesdienftlichen Gefchäfte treu abzuwarten. Zweitens, keinem Armen feinen Beyftand als Arzt zu verfagen; und drittens, alle übrige Zeit dem Studiren zu widmen. — Diefe Regel befolgte er durch fein ganzes Leben, mit der Beftändigkeit, die fich von einem Manne von fo feftem Charakter erwarten liefs.

So lebte er für fich im Stillen, und nahm nur felten Theil an den Gefchäften des Kapittels. — Im Jahr 1521 wurde er von dem Kapittel einftimmig gewählt, um als Abgefandter deffelben auf den Landtag nach Graudenz zu gehen. — Auf diefem Landtage war ein's der Hauptgefchäfte die Verbefferung des Münzwefens. Während des dreyzehnjährigen Krie-

ges mit dem deutſchen Orden waren nämlich die Münzen ſo ſehr geſunken, daſs die Mark fein oft zu 10 Mark Geld ausgemünzt wurde. Die Verwirrungen, die hiedurch im Handel und Wandel entſtanden, waren auſſerordentlich, und das Geld fiel ſehr tief gegen den Preis der Lebensmittel.

Copernikus übergab dem Landtage eine Schrift, worin er nach einigen hiſtoriſchen Unterſuchungen den Werth der verſchiedenen Münzen zu beſtimmen ſuchte, und einen Canon angab, worin alle auf eine einzige Norm reduzirt wurden. — Zugleich machte er auf den unbilligen Münzfuſs der drey Städte *Elbing, Danzig* und *Thorn* aufmerkſam, und ſchlug vor, daſs dieſe ihre Münzen an einem vierten Orte, gemeinſchaftlich und auf des Landes Koſten, unter öffentlicher Aufſicht ſollten ſchlagen laſsen.

Allein das Münzweſen gehört bey den Staaten, ſo wie bey Individuen, zu den Herzensangelegenheiten. Man ſtritt lange über das copernikaniſche Münzſyſtem, — und legte es endlich zum Gebrauch für die Nachwelt bey. — Es ging alſo hier dem Copernikus mit ſeinem Münzſyſtem, faſt wie nachher mit ſeinem Weltſyſtem. — Vielleicht gab ihm dieſe Geſchichte Anlaſs, ſeinen drey Lebensregeln noch ein paar Klugheitsregeln hinzuzufügen, deren Befolgung die groſse Zurückhaltung erklären, die er nachher bey der Bekanntmachung ſeines Weltſyſtems zeigte. Nach dem Tode des Biſchofs Fabian von Merklichen-Rade, der ſeinem Oheim Waiſselrodt im Biſchthum ge-

folgt war, wurde Copernikus *sede vacante* vom Kapittel zum General-Vikarius und Verweser der bischöflichen Besitzthümer ernannt.

Der deutsche Orden sowohl, als einige Herrn vom Hofe, hatten sich verschiedener Güter angemaſst, die eigentlich zum Bischthum *Ermeland* gehörten, und den Besitz derselben lange behauptet.

Diese reklamirte Copernikus, mit dem Muthe, den ihm die Ueberzeugung von der Gerechtigkeit der Sache einflöſste, und mit der ihm eigenen, nicht zu beugenden Beharrlichkeit. — Er wurde bedroht, und man machte ihm viele Unannehmlichkeiten. Allein er ging seinen Gang ruhig fort, wirkte endlich ein Mandat des Königs aus, und die Güter muſsten zurückgegeben werden.

Von diesem ersten Theil seines Lebens würden wir vielleicht nichts wissen, wenn nicht endlich eben dieser Anordnungsgeist, und dieser gerade und kräftige Menschensinn seine Kraft auf einen der erhabensten Gegenstände der Natur mit so vielem Glück gerichtet, und so die Dauer seines Rufs an die Dauer der Welt geknüpft hätte.

Unter den mannichfaltigen Vorstellungen, die sich die Menschen von der Einrichtung unsers Planeten-Systems seit 2000 Jahren gemacht haben, hatte endlich eine das Uebergewicht behalten, die das feinste, künstlichste und dabey sonderbarste Gewebe von Scharf-

ſinn, Spitzfindigkeit und Verblendung ausmacht, auf welches der menſchliche Geiſt je gerathen iſt. — Die Wahrheit regte ſich zwar zuweilen darwieder, aber ihre Stimme war zu ſchwach. Sie wurde entweder gar nicht gehört, oder von einer Mehrheit überſtimmt, die kaum von Einſtimmigkeit unterſchieden war. — So bemächtigte ſich nach und nach ein ſyſtematiſcher Irrthum der ganzen Naturlehre, befeſtigte ſich in ſeinem Beſitz durch das Anſehen des Alterthums, und erhielt endlich, durch religiöſe Miſsverſtändniſſe unterſtützt, ſogar eine Art von Heiligung.

Indeſs ſo leiſe auch die Stimme der Wahrheit war, ſo wurde ſie doch von einem Manne vernommen, deſſen Ohr ganz harmoniſch dafür geſtimmt war. Dieſer Mann, voll feſten Ordnungs-Gefühls und unverdorbenen Menſchenſinns, war: Copernikus.

Die Lehrmeynung, die er ſtürzen muſste, um Platz für die Wahrheit zu finden, war von einigen der gröſsten Menſchen aller Zeiten angenommen worden. Pythagoras, Ariſtoteles, Plato, Hipparch, Archimedes, ja bey weitem die meiſten der berühmteſten Alten und Neueren waren für dieſe Meynung. — Man nannte dieſe Lehre das ptolomäiſche Syſtem, von *Ptolomäus*, einem berühmten alexandriniſchen Aſtronomen aus dem zweiten Jahrhundert. — Dieſer lehrte es in ſeinem Almageſt, dem einzigen vollſtändigen Werk, das wir über die Aſtronomie aus dem Alterthum beſitzen. — Er erläuterte dieſes Syſtem mit vielem Scharf-

ſinn, und unterſtützte es durch eine Menge ſchätzbarer Beobachtungen. Aber nicht bloſs ſeinen Namen, ſondern auch einen groſsen Theil ſeines nachherigen Anſehens hat dieſes Syſtem den vielen reellen Kenntniſſen zu danken, die Ptolomäus mit ſeinem Traumbilde zu verweben gewuſst hat. Als geometriſches Werk wird ſein Buch immer verehrungswürdig bleiben, als phyſiſches betrachtet iſt es freylich nicht für unſere Welt. — Allein da der Schritt, den Ptolomäus that, auch wahrſcheinlich gethan werden muſste, ſo wird ſein Syſtem, ſo lange die Welt ſteht, immer ein mächtiger Beytrag zur Entwickelungs-Geſchichte des menſchlichen Geiſtes ſeyn.

Nach dieſer Lehre ruhte die groſse, träge und unbehülfliche Erde vollkommen, — ſie war die Grundveſte alles Unbeweglichen, und das Poſtament der Natur. — Um dieſe, als Mittelpunkt, liefen Sonne, Mond und Sterne täglich einmal von Oſten nach Weſten. — Doch hatten die Planeten, Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn noch ihre eigene Bewegung von Abend nach Morgen, die langſamer war, und wodurch ſie erſt nach längeren Zeiten um den ganzen Himmel herumkamen. — In dieſen Umlaufszeiten glaubte man zugleich eine Regel gefunden zu haben, die Verhältniſſe der Entfernungen der Planeten von der Erde zu beſtimmen. Man hielt den langſamſten für den entfernteſten, und den ſchnellſten für den nächſten. So kamen Mond und Saturn auf die beyden Grenzen zu ſtehen, und die Sonne, Mars und Jupiter wurden leicht zwi-

ſchen jene geordnet. — Aber wo ſollten nun Merkur und Venus hin? Sie waren weder langſamer noch ſchneller als die Sonne, und deſswegen hätte ihre Entfernung eben ſo groſs ſeyn müſsen, wie die der Sonne.

Dieſes war ein ſchwieriger Fall. — Man muſste herauswürfeln, ob ſie beyde über die Sonne ſollten, oder beyde darunter. Dieſes geſchah auch, und da die Würfel dem einen nicht ſo fielen, wie dem andern, ſo finden ſich auch unter den Alten hierin Verſchiedenheiten. — Nach Ptolomäus waren beyde der Sonne näher, weil es ſchicklich wäre, daſs eben ſo viel Planeten unter der Sonne wären, wie über ihr. — Hätte damals ein Orakel geſagt: Die Sonne iſt in der Mitte der Planeten. So hätte es nicht weiſer antworten können, — Ptolomäus mochte recht behalten, oder Copernikus.

In dieſer Schwierigkeit regte ſich zuerſt das *punctum ſaliens* der verkannten aber ewigen Wahrheit. — Aber bald fanden ſich gröſsere.

Während Sonne und Mond ihren Weg von Abend nach Morgen (vorwärts) mit ziemlicher Gleichförmigkeit fortſetzten, machten alle andere die ſonderbarſten Bewegungen. — Sie blieben ſtill ſtehen, — gingen rückwärts — blieben wieder ſtill ſtehen, und gingen wieder vorwärts. — Wie ſollte man dieſe erklären?

Daſs es ſich mit dieſen Bewegungen wirklich ſo verhielt wie es ausſah, haben die Alten nie geglaubt.

Die Vollkommenheit in der Natur heischte, nach ihnen überall, vollkommene Kreisbewegung, und Gleichförmigkeit in diesen Bewegungen. — Der Kreis war ihnen die vollkommenste Linie, — er war das Sinnbild der Vollkommenheit und er war ihnen bey diesen Hypothesen unverletzlich und heilig. — So wie der Kreis, so war es auch die Gleichförmigkeit der Bewegung in ihm.

Dieser Satz als Grundsatz angenommen, war nun das grosse Problem, welches Ptolomäus aufzulösen hatte dieses: „Die Bewegungen der Planeten, so wie sie uns am Himmel erscheinen, — sind gegeben. Ferner ruhe die Erde in der Mitte des Raumes worin sie vorgehen: es wird ein System von Kreisen gesucht, in welchen sich diese Weltkörper stät und gleichförmig bewegen, und worin dennoch diese Bewegungen von der Erde aus gesehen, gerade so erscheinen, wie wir sie in der Natur bemerken."

Die Auflösung dieser Aufgabe wurde der Natur der Sache nach so verwickelt, dass Ptolomäus als Entschuldigungsgrund anführte: Am Himmel ging es vielleicht anders her wie auf der Erde.

Man gesellte den Planeten Intelligenzen zu, die sie durch die Himmel steuren mussten, und fürwahr es war schon allein eine Intelligenz nöthig, um den imaginären Mittelpunkt des Epizikel nicht aus den Augen zu verlieren, der beym Mars, Jupiter und Saturn, über 20 Millionen Meilen vom Planeten entfernt lag,

und um den er herumgesteuert werden musste. Man schloss die Planeten in solide Sphären ein, die wie Zwiebelschalen in einander steckten, und gab jeder dieser Sphären einen eigenen Führer, um sie zu regieren. Die Zahl dieser Sphären belief sich endlich auf 55. —

Diese Verwickelungen wurden zu gross, als dass sie hätten wahr seyn können. — Ordnung der Natur und ordnender Verstand, wenn sie sich im freien begegnen, kündigen sich einander nicht so an. Aber dieses verworrene System hatte noch ausser dem Schutz aristotelischer Infalibilität, sich, von Priesterdespotie unterstützt, für einige seiner Hauptsätze, auch den Titel von Göttlichkeit, sehr früh zu erschleichen gewusst.

Copernikus selbst erzählt die Veranlassung zu seinen neuen Untersuchungen, in der Zuschrift an Pabst Paul den Dritten, die er seinem Werk *de revolutionibus orbium cœlestium* vorgesetzt hat, und die als ein Meisterstück von Vortrag kann angesehen werden. Der Menschenkenner wird fast in jeder Zeile mit Verwunderung bewerken, mit welcher Feinheit der Mann seine Ueberzeugung von der Wahrheit und Gerechtigkeit seiner Sache, in die Sprache männlicher Bedachtsamkeit zu kleiden weiss, — und als Geistlicher mit dem Oberhaupte seiner Kirche, sogar ein wenig philosophisch von dem Weltgebäude spricht, welches damals bekanntlich allgemein für ein Filial, nicht der

Philosophie, sondern Sr. Heiligkeit angesehen wurde.

Die Idee, daſs die Erde ruhe, war mit wenig Ausnahmen völlig allgemein. Ohnehin schon durch mächtige Begünstigung des sinnlichen Scheins, mit der Sprache aller Völker verwebt, erhielt sie nun überall durch den Beyfall der gröſsten Astronomen, auch noch wissenschaftliches Ansehen. — Es ging immer weiter. Durch die Sprache war sie in die Bibel gekommen, die mit dem sinnlichen Menschen menschlich reden muſste, wie mit Hebräern hebräisch. Sie stieg endlich aus der Bibel in die Köpfe der Priester, die dieses natürliche Produkt menschlicher Organisation, mit der Glorie des Himmels umgaben. So wurde aus einer bloſsen Phrase endlich ein Gottesurtheil. —

Diese von den gröſsten Astronomen des Alterthums verworfene, verächtlich scheinende, — verrufene und miſsliche Idee von der Bewegung der Erde, die selbst einer der gröſsten Denker der neueren Zeit, der Stifter der wahren Naturlehre, Bako von Verulam, der die copernikanische Lehre sogar kannte *), noch verwerflich fand; — diese Idee nahm

*) Bako sagt: das copernikanische System könne nicht *ab Astronomis Principiis revinci, a Naturalis tamen Philosophiæ Principiis, recte positis, posse.* Lichtenberg bemerkt hiebey in einer Note: Und doch bewieſs sein groſser Landsmann Neuton die Wahrheit desselben, und zwar in einem Buche das er:

Copernikus, der Domher des 16ten Jahrhunderts in Schutz. Und dieses nicht unter dem sanften Himmel Griechenlands oder Italiens, sondern unter den Sarmaten, und an der damaligen Grenze der cultivirteren Welt, und (und das will was sagen) mitten unter Domherrn! — Er verfolgt diese Idee mit unermüdeter Sorgfalt, nicht ein paar Jahre hindurch, sondern durch die gröſste Hälfte seines siebenzigjährigen Lebens; — er vergleicht sie immer fort mit dem Himmel — bestätigt sie endlich, und wird so der Stifter eines neuen Testaments in der Astronomie.

Und alles dieses leistete er, welches man nie vergessen muſs, hundert Jahre vor Erfindung der Ferngläser, mit elenden hölzernen Werkzeugen, die oft nur mit Dintenstrichen getheilt waren. — Das that der Geist der Ordnung der in ihm wohnte, der selbst vom Himmel stammend, sein eigenes Wesen in dessen Werke hinaustrug, und Ordnung um so leichter erkannte, als er selbst durch innere Stärke freier geblieben war. — *Kepler* sagt dieses in der Vorrede zu den *Rudolphinischen* Tafeln in wenig Worten mit groſser Stärke: *Copernikus, vir maximo ingenio et, quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber.*

Philosophia naturalis principia mathematica (und das sind doch wohl eigentlich *recte posita*) nannte.

Folgendes ist der Gang seiner Gedanken in den ersten Kapiteln des ersten Buchs *de revolutionibus*.

„Es ist wahrscheinlich, dass so wie Sonne und Mond rund sind, — die ganze Welt rund ist. — Es ist die vollkommenste Figur, und unter ihren Grenzen die geräumigste. — So wie der Wassertropfen, sich selbst überlassen, nach dieser Form strebt, und in ihr zur Ruhe kommt, so ist es auch vermuthlich dort. — So hat auch die Erde mit dem Wasser was sie enthält, eine runde Figur. — — Von der runden Figur der Erde geht er nun zu ihrer Bewegung über. — — Man glaubt sie ruhe in der Mitte und hält es sogar für lächerlich das Gegentheil zu glauben. — Wenn man aber die Sache mit Aufmerksamkeit betrachtet, so sieht man, dass dieses so ausgemacht noch nicht ist. — Man bedenke nur, worauf sich unser Urtheil von der Bewegung stützt. — Wenn sich das Auge mit der bewegten Sache gleichförmig nach einer Gegend bewegt, so bemerkt es keine Bewegung. — Wir sehen den Himmel in einer Bewegung die alles mit sich fortreisst, ausgenommen die Erde und was sich um dieselbe befindet. Legen wir nun der Erde eine Bewegung in entgegengesezter Richtung bey, so würde ja alles eben so erscheinen müssen, wenn der Himmel still stände. — Da nun der Himmel alles umschliesst und in sich fasst, die Erde aber von ihm umfasst wird, so sieht man doch nicht ein, warum die Bewegung gerade jenem, und nicht dieser zukommen soll. — Verschiedene Alten haben daher auch längst geglaubt, dass es die Erde sey die

ſich drehe, wie z. B. Heraklides, Ekphantus und Nicetas. —

Dieſes angenommen, ſo entſtehen auch noch Zweifel über den Ort der Erde. — Man glaubt, daſs ſie im Mittelpunkt der Welt ſtehe. — Nimmt man aber an, daſs ſich die Planeten um einen anderen Mittelpunkt drehen, von dem die Erde ſo weit entfernt wäre, daſs dieſe Entfernung zwar einen Einfluſs auf die ſcheinbaren Orte der Planeten, aber keinen auf die Fixſterne hätte, ſo ergebe ſich daraus keine unſchickliche Erklärung für die Bewegung der Himmelskörper, welches zugleich ihre Erdnähen und Erdfernen erklärt. — Daſs aber nicht bloſs der Halbmeſſer unſerer Erdkugel, ſondern auch die Entſernung der Erde vom Mittelpunkt der Welt (die Sonne) in Vergleichung mit der Entfernung der Fixſterne ein bloſser Punkt iſt, das erhellt deutlich daraus, daſs der Horizont immer den Thierkreis genau halbirt, die Erde ſtehe wo ſie wolle. — Liegt der Anfangspunkt des Krebſes im öſtlichen Horizont, ſo liegt der des Steinbocks genau im weſtlichen. — Der Horizont iſt alſo eine Ebene, die immer durch den Mittelpunkt der Welt zu gehen ſcheint, zu welcher Zeit man ſie auch durch die Erde legt, die nicht in jenem Mittelpunkte ſteht.

Ich glaube, ſagt *Lichtenberg*, — ich habe nicht nöthig meinen Leſern zu erweiſen, daſs dieſes einer der gröſsten und kühnſten Gedanken iſt, die der Menſch je gewagt hat; der ſich aber ſchon von ei-

nem Manne erwarten ließs, der in den ersten Zeilen seines Buchs, bey der Abrundung der Sonne, und selbst des Universums, eines Wassertropfens gedenken kann. — Freylich kannte er die Entfernung der Sonne bey weiten mit dem Grade der Genauigkeit nicht, mit der wir sie kennen. Das war nach der damaligen Beschaffenheit der Instrumente sowohl, als der Methode schlechterdings unmöglich. — Allein sein Begriff von der Beschaffenheit unsers Planetensystems beruht auf Schlüssen, die immer wahr bleiben, die Entfernung der Erde vom Mittelpunkt der Welt sey welche sie wolle. — Hätte man ihm gesagt: du setzest die Fixsterne so weit weg, dass eine Linie von 2 Millionen Meilen ein blosser Punkt dagegen ist, aber du musst bedenken, dass die Linie, die du für nichts achtest, nicht 2 Millionen, sondern 42 Millionen lang ist, so würde er sehr ruhig mit den Worten, im 8ten Kapitel des 1sten Buchs geantwortet haben: *omne visibile longitudinem distantiæ habet aliquam, ultra quam non amplius spectatur,* — und hätte ganz gelassen seine Fixsternkugel 21mal weiter hinausgerückt. Er sah diesen Einwurf voraus, und sagt deswegen am Ende des 6ten Kapitels: *nihil aliud habet illa demonstratio, quam indefinitam cœli ad terram magnitudinem. At quousque se extendat hæc immensitas minime constat.* Hieraus aber folgt nicht, fährt er fort, dass die Erde in der Mitte ruhe, es wäre vielmehr zu verwundern, dass sich die ungeheure Himmelskugel um dieses Pünktchen drehen soll, und nicht vielmehr das Pünktchen selbst. — Aber zu sagen, dass die Erde deswegen

im Mittelpunkt der Welt ruhen müſse, weil bey der Bewegung einer Kugel um ihren Mittelpunkt, dieſe Bewegung immer gegen den Mittelpunkt zu geringer würde, — wäre gerade ſo geſchloſſen, als: weil die Pole der Himmelskugel ruhen, ſo ruhen auch die Punkte die jenen Polen nahe liegen. — Die Alten haben daher andere Gründe für die Ruhe der Erde aufgeſucht. Sie ſagen, weil alles was nicht unterſtützt iſt, nach der Erde zu fällt und den Mittelpunkt ſucht, in welchem es endlich ruhen müſste, nun aber ſchon auf der Oberfläche der Erde zur Ruhe kömmt, die dieſen Mittelpunkt beſetzt hält, ſo wird ſie ſelbſt ruhen müſsen. Drehte ſich die Erde um ihre Axe, ſo würde nichts in gerader Linie fallen, oder aufſteigen können. — „Die Wolken, meynt Ptolomäus, würden alle Morgen nach Abend ziehen, und gar die Erde ſich durch ihre ſchnelle Umdrehung zerſtreuen müſsen.“ — Ich halte die Schwere aber für nichts weiter, als ein natürliches Beſtreben, welches der Schöpfer in die Theile gelegt hat, damit ſie ſich zu einem Ganzen verbinden können, indem ſie ſich zu einer Kugel ſammeln. — Mit dem Mond, der Sonne und den übrigen Planeten, iſt es wahrſcheinlich eben ſo, und doch ſtehen ſie nicht feſt. — Bey fallenden und aufſteigenden Körpern iſt es klar, daſs ihre Bewegung aus der geraden Linie und aus der Kreisbewegung zuſammengeſetzt ſey. — Denn als Theile der Erde geben ſie die dem Ganzen gemeinſchaftliche Bewegung nicht auf, ſondern behalten ſie in jeder andern bey. Allein jene gemeinſchaftliche Bewegung, eben, weil ſie gemeinſchaftlich iſt, erſcheint als Ruhe.

Daſs die Wolken nicht wie die Sterne von Morgen gegen Abend laufen, rührt daher, weil die untere Luft worin ſie hängen, mit zur Erde gehört und ſich folglich mit ihr dreht. — Was die Zerſtreuung der Erde durch die Schnelligkeit der Umdrehung betrifft, die Ptolomäus befürchtet, ſo wäre ſie vielmehr, wegen der ungeheuren Schnelligkeit womit ſich die Himmelskugel dreht, für dieſe zu befürchten. Hierauf rückt nun Copernikus der Vollendung ſeines groſsen Plans näher. Er zeigt in welche unendliche Schwierigkeiten man ſich verwickele, wenn man wie Ptolomäus die Planeten um die Erde laufen läſst, und dann ihre mannichfaltigen Bewegungen erklären ſoll. Lieſse man ſie hingegen um die Sonne als Mittelpunkt laufen, und ſetzte die Erde zwiſchen die Venus und Mars, ſo erklärten ſich alle ſcheinbare Bewegungen ſehr einfach. — Er glaube daher, daſs ſich die Erde eben ſo um die Sonne bewege, wie die übrigen Planeten, und daſs man deſswegen keine ſcheinbare jährliche Bewegung an den Fixſternen bemerke, weil der Durchmeſſer der Erdbahn ſo ſehr klein gegen die Entfernung der Fixſterne ſey. —

So geht er nun mit dem beherzten, und ſichern Schritt des Genies der Wahrheit immer gerade entgegen, ohne auf die mächtigen Stimmen zu achten, die ihm von allen Seiten zurufen: du irreſt. Und ſo entfaltet ſich ihm endlich das groſse Geheimniſs der Natur, das dem Forſcher-Geiſt von tauſenden verſchloſſen blieb, und jeder ſeiner Schritte bezeichnet den Gang des Erfinders.

Wie symmetrisch und ordnungsvoll steht nun nicht nach seinem Plane das Weltgebäude da! — Die Sonne, der gröfste und hellste Körper steht in der Mitte, als der Quell des Lichts und der Wärme — um diesen laufen die übrigen Planeten. Merkur vollendet seinen Umlauf in 80 Tagen, Venus den ihrigen in 9 Monathen; — unsere Erde in einem Jahre, Mars in 2, Jupiter in 12, und Saturn in 30 Jahren. — Diese Umlaufszeiten sind auf die Abbildung des Sonnensystems gestochen, welche Copernikus in seinem ersten Buch im 10ten Kapitel giebt.

Ueberhaupt legt Copernikus der Erde drey verschiedene Bewegungen bey; eine tägliche um die Axe, eine jährliche um die Sonne, und endlich eine dritte, vermöge welcher sich die Erde einmal des Jahrs um die Pole der Ekliptik dreht, aber gegen die Ordnung der Zeichen. — Durch diese Bewegung erklärte er den Parallelismus der Axe, und die daraus entstehende Jahrszeiten. Später fand man, dafs durch die Kreisbewegung des Mittelpunkts einer Kugel der Parallelismus der Rotationsaxe nicht gestöhrt werde. — Diese dritte Bewegung wurde also überflüfsig. — Indefs erscheint der grofse Scharfsinn des Copernikus in der Art, dieses Problem zu behandeln in einem ganz vorzüglichen Lichte. Er war der Erste, der auf die Auflösung dieses Problems kam, und es hat ihm vielleicht mehr Anstrengung gekostet, als irgend ein anderer Theil seines unsterblichen Werks. — Sein Irrthum war, in Rücksicht auf sein Zeitalter verzeihlich, — unschädlich, weil die

Hauptſache blieb, und wegen des darin bewieſenen Scharfſinns — ehrwürdig.

So lange die Erde ſtill ſtand, ſtand auch die Aſtronomie ſtille, aber ſo wie der Mann erſchien, der die Erde gehen hieſs, ſing auch die Aſtronomie an fortzuſchreiten. — Die Ruhe der Erde drückte dieſe Wiſſenſchaft, wie ein verborgenes Uebel den Körper des Menſchen; aller Wachsthum hörte auf, und alle Mittel die man anwandte, muſsten das Uebel vermehren, weil ſie nicht gerade auf den Sitz der Krankheit gingen. — Was konnte aus einem Syſtem werden, in dem man den wichtigſten Punkt, von dem alle Beobachtungen angeſtellt wurden, für ruhend hielt, — obſchon er in einem Jahr einen Weg von 120 Millionen Meilen machte? — Alles Beſtreben irgend eine neue Erſcheinung mit dieſem Verſehen zu reimen, konnte nicht anders als zu einem neuen führen.

Alles was die Alten von Entfernungen der Planeten gedacht hatten, war, etwa die vom Monde ausgenommen, und was ſich aus dieſer kümmerlich für die Sonne herleiten lieſs, ein bloſser Traum, und ſie konnten der Natur der Sache nach nichts davon wiſſen. — Hierin wurde es nun durch die copernikaniſche Lehre, auf einmal Licht. — Denn ſobald man wuſste, daſs die zweite Ungleichheit der Planeten, bloſs die Folge vom veränderten Orte der Erde war — und alſo eine jährliche Parallaxe ſey, ſo lieſse ſich nun ſchon mit groſser Beſtimmtheit, we-

nigſtens von Verhältniſſen der Entfernung ſprechen.

So erzeugte nun immer eine Wahrheit die andere, in ſtetem Fortgange bis auf unſere Zeit; und ſo wurde die copernikaniſche Weltordnung die letzte im Stamme der menſchlichen Vorſtellungen über den Weltbau, — welche endlich von Keplers groſsem Genie überſchattet, die Mutter der Wahrheit wurde.

Unſer jetziges Syſtem, dem kein Vernünftiger mehr den Namen des wahren abſprechen darf, wenn er nicht Gefahr laufen will, daſs man ihm die Vernunft abſpräche, — iſt nicht das Copernikaniſche, ſo wie es Copernikus in ſeinem Buche *de revolutionibus* aufſtellt. — Copernikus wuſste noch nicht, daſs die Planeten ſich in Ellypſen um die Sonne bewegen, — dieſes fand erſt ein Jahrhundert ſpäter ſein groſser Landsmann *Kepler*. — Die Ungleichheit die ſich im Lauf der Planeten zeigte, und die man die erſte nannte, und die ſich nicht aus der Bewegung der Erde erklären lieſs, erklärte Copernikus, durch einen Epizikel, deſſen Mittelpunkt auf der Planetenbahn fortrückte. — *Keplern* war's vorbehalten, dieſen Irrthum zu entdecken, und ſo ein Syſtem zu vollenden, das nicht allein die gröſste Zierde für den Genius der Deutſchen, ſondern für die geſammte Menſchheit iſt.

Copernikus ſtarb den 11ten Junius 1543. — Doch ſind die Schriftſteller über den Tag ſeines Todes ver-

ſchiedener Meynung. — Man könnte hierauf das Epigram von *Scrobivicius* deuten, was dieſer auf ſeinen Tod machte :

Qui tempora menſus
Debuit heus ipſis cedere temporibus.

Zehnter Abſchnitt.

Nachträge.

Meter. Widerſtand der Luft. *Huttons* Verſuche. Bemerkungen darüber. Umdrehung der Erde. Ueber die Verſuche mit geſchoſſenen Kugeln. Nachtrag zu Dr. *Hooks* Verſuchen.

Nachträge.

Ich habe in der Einleitung einiges über allgemeine Längenmaſse geſagt, und zugleich einige Zweifel gegen die franzöſiſchen angeführt, die den unregelmäſsigen Erdquadranten zur Einheit haben.

Im Auguſtheft der monatlichen Correſpondenz ſteht eine vortreffliche Abhandlung über den Meter, die den Herrn Legationsſekretär *Beigel* in Dresden zum Verfaſſer hat. Aus dieſer ſieht man, daſs der franzöſiſche Meter auch noch auſserdem ſo viele Annomalien hat, daſs ſich ſeine wahre Gröſse nur ſehr ſchwer berechnen läſst.

Die Urſache hievon liegt in folgendem: Als im Laufe der Revolution ein allgemeines Maaſs dekretirt und der Meridianquadrant von Paris als Einheit angenommen war, ſo hatte man nicht die Geduld, die genauen Meſſungen des Meridianbogens abzuwarten, ſondern beſtimmte gleich aus den alten Meſſungen einen vorläuſigen Meter, von dem die mathematiſche Klaſſe des Nationalinſtituts verſicherte, daſs er vom *mètre définitiv* ſo wenig abweichen würde, daſs

man ihm nur eine andere Temperatur als 10° Cent. zu geben brauche, um ihn als *mètre définitiv* gebrauchen zu können. Der Unterſchied ſollte höchſtens nur 4 bis 5 Hunderttheile der Linie betragen.

Allein der Unterſchied fand ſich nach der wirklichen Meſſung ungleich gröſser, als man geglaubt hatte. Denn bey der Temperatur von $16\frac{1}{4}$° C. iſt der proviſoriſche Meter 443,489 Linien,
der definitive hingegen nur 443,296

Alſo Unterſchied 0,193

Dieſer Unterſchied war zu groſs, um ihn durch bloſse Temperaturveränderung zu heben: denn man hätte, um den vorläufigen Meter als definitiven gebrauchen zu können, jenen um 8° C. unter Null bringen müſſen, oder aber dieſen um 43° C. über Null, wenn beyde gleich ſeyn ſollten. — Da man aber in ſo hohen und tiefen Temperaturen nie genaue Meſſungen oder Vergleichungen der Maaſse anſtellt: ſo würde es ſonderbar geweſen ſeyn, wenn man als Normal-Temperatur eine ſolche gewählt hätte, die ſo äuſserſt unbequem war. Um nun von der einen Seite den *mètre provisoire* zu retten, und von der andern den *mètre définitiv* brauchbar zu machen: ſo dekretirte die Commiſſion der Maaſse und Gewichte:

daſs 443,296 Linien der Toiſe auf $16\frac{1}{4}$° C., dann auf den Meter ſollten getragen werden, wenn dieſer auf der Temperatur des Eispunkts wäre.

Hiedurch wurde der *mètre définitif* dem *mètre provisoire* um ein Beträchtliches näher gebracht.

Der *mètre provisoire* ist auf 0° = 443,362 Linien,
Der *mètre définitif* = 443,296
Der Unterschied also nur = 0,066

Dieser Unterschied ist indess immer noch sehr bedeutend, denn $\frac{1}{15}$ Linie ist eine Grösse, die man immer noch mit blossen Augen sehen kann. Dann ist auch die Art, die Meter zu theilen, so unbequem, dass der Künstler sich leicht um mehr, als $\frac{1}{15}$ Linie irren kann. Das Zimmer muss nämlich auf $16\frac{1}{4}$° seyn, damit die Toise diese Temperatur habe, und der Meter muss während der Theilung in Eis liegen. Auch versichert Herr *Tralles*, dass man in Paris diese Methode nicht gebrauche, sondern es durch Rechnung suche, wie viel grösser der Metre bey der Temperatur des Zimmers seyn müsse, damit er auf dem Eispunkt = 443,296 Linien der Toise sey, die bis auf $16\frac{1}{4}$° erwärmt worden.

„So hatte denn also, sagt Hr. Legationssekretär *Beigel*, die Commission der Maasse und Gewichte die Ehre ihrer Voraussage standhaft gerettet. Aber was sind die Folgen dieses erzwungenen Triumphs? Der Wunsch, die provisorischen Maasse und Gewichte zu retten, ist unerfüllt geblieben: denn man sah sich doch am Ende genöthigt, diese zu annulliren."

Ferner sind die Metres bey den mittleren Temperaturen, bey denen man praktische Arbeiten vornimmt, sehr verschieden, je nachdem die Metres von Platina Eisen oder Messing sind. Drey Metres, welche alle

auf der Temperatur Null genau 443,296 parifer Linien find, haben auf der mittleren Temperatur von 16¼° C. folgende verfchiedene Längen:

Der Metre von Platina ift 443,357 p. Linien lang.
Der von Eifen 443,379
und der von Meffing 443,424

Wenn man daher ausländifche Maafse mit dem Metre vergleicht, fo mufs der Metre im fchmelzenden Eife liegen, oder man mufs aufser der Temperatur noch das Metall angeben, aus dem er verfertigt ift.

Die Verfaffer des officiellen Berichts über die neuen Maafse fühlten felbft die Unbequemlichkeit, welche aus der verfchiedenen Ausdehnung der Metalle nach dem Verhältnifs ihrer Entfernung von der Temperatur des Eispunkts entfteht, und äufserten fich deswegen dahin: dafs man in der Folge die Metres in einer mittleren Temperatur, etwa bey 10 oder 15° C. abziehen könnte, Das Unbeftimmte diefer Aeufserung und die Ungewifsheit, ob und wie diefer Vorfchlag wirklich mit Hintanfetzung des obigen Grundgefetzes befolgt werde, hat indefs für uns Ausländer die neue Unbequemlichkeit, dafs wir am Ende die eigentliche Länge des Metre gar nicht mehr berechnen können.

Der parifer Metre ift nur dann der 10 millionfte Theil des Erdquadranten, wenn er auf dem Eispunkte ift. Bey der mittleren Temperatur von 16¼° C. ift er es nicht mehr, weil feine Länge dann 443,379 und nicht 443,296 Linien ift. Nach den Gefetzen einer

natürlichen Methode müssen alle Vergleichungspunkte auf die Temperatur reducirt werden, in der der Metre der 10 millionste Theil des Erdquadranten ist. Dieses neue Maassystem wäre aber wieder eine Quelle endloser Rechnungen.

Alle diese Unbequemlichkeiten, *Zweifel*, Ungewissheiten und mühsamen Rechnungen hätte die Commission der Maasse und Gewichte uns ersparen können, wenn sie den bey $16\frac{1}{4}°$ gefundenen idealen Metre, bey eben derselben Temperatur, in einen materialen verwandelt, und ihn nicht durch die Künsteleyen mit der Temperaturveränderung dem vorläufigen Metre hätte nähern wollen.

Dann hätte auch die Unbequemlichkeit, welche ihren Grund in der verschiedenen Ausdehnung der verschiedenen Metalle hat, nicht statt gefunden, weil die oben angeführte Abweichung in der Ausdehnung nur bey einer Temperatur merklich geworden, welche von den $16\frac{1}{4}°$ C. beträchtlich abweicht, d. i. bey einer solchen, bey der man nicht zu arbeiten pflegt.

In Hamburg hatte man drey Metres direkt von Paris erhalten; welche alle drey eine verschiedene Länge hatten. Nachdem, was der Hr. Legationssekretär *Beigel* über die Bestimmung und Verfertigung der Metres in Paris gesagt hat, wird man sich hierüber nicht mehr wundern.

Uebrigens muss jetzt, da die lappländische Grad-

messung die Figur der Erde wieder bedeutend anders angibt, als die bisherigen Messungen, auch die Länge des Metre wieder geändert werden.

Widerstand der Luft.

Unter den Versuchen im Michaelisthurm sind die über den Widerstand der Luft unstreitig die wichtigsten. — Ehe ich diese Versuche verlasse, sey es mir erlaubt, noch einige Bemerkungen darüber zu machen. Wenn man sich lange mit einer Sache beschäftigt hat, so bekommt man eine gewisse Uebersicht, vermöge der man ziemlich bestimmt sagen kann, was noch in ihr zu thun ist und wie es zu thun ist. Einem Anfänger, der in diesen Lehren fremd ist, aber Gelegenheit hat, etwas darin zu thun, erspart man manche vergebliche Mühe, und er kann nun die Zeit und die Kraft, die er sonst vergebens würde verwandt haben, zum Nutzen der Wissenschaft verwenden. Auf diese Weise nützen unsere Erfahrungen doppelt, und die mislungenen Versuche so gut, als die andern.

Die Lehre über den Widerstand der Luft für kleine und mittlere Geschwindigkeit liesse sich im Michaelisthurm sehr wahrscheinlich in 2 Monaten vollenden, da man in ihm alle Geschwindigkeiten von 1 Linie in der Sekunde bis zu 120 Fuss erhalten kann, wenn man die Zeiten der Pendelschwingungen mit denen des Falls verbindet *). Man hat also Ge-

*) Ein Pendel von 340 Fuss Länge schwingt 10 1/2 Sekunde. Wenn es also Schwingungen von 1 Zoll macht, so ist seine mittlere Geschwindigkeit in der Sekunde 1 Linie.

schwindigkeiten, die vom einfachen bis zum 12000fachen gehen, und — was hiebey eine Hauptsache ist, man kennt diese Geschwindigkeiten alle sehr genau, man kann sie alle sehr scharf beobachten, und man hat den Widerstand rein und unvermischt mit andern Grössen und Voraussetzungen.

Bestimmt man zugleich den Stand des Barometers, des Manometers, und des Hygrometers, so erfährt man zugleich, welchen Einfluss die Wärme, die Feuchtigkeit, die Dichtigkeit und die Federkraft der Luft auf die Grösse des Widerstandes haben.

Mit einer gut gearbeiteten Tertienuhr lassen sich die einzelnen Beobachtungen immer innerhalb 3 bis 4 Tertien halten, wenn man nämlich mit einiger Aufmerksamkeit verfährt. Beobachtet man nun auf jedem Stadio 6 Reihen, jede zu 10 Versuchen: so geht die Ungewissheit im Resultat nicht auf $\frac{1}{10}$ Tertie, wenn man bey allen Versuchen die Tertienuhr vor und nach der Beobachtung mit dem Pendel vergleicht*).

Beobachtet man nun ferner die Schwingungen lauger Pendel vor einem 20mal vergrössernden Mikroscop, so wird die Ungewissheit bis höchstens auf $\frac{1}{2}$ Sekunde gehen, wenn man den Vorübergang der Schwingung an einem im Mikroscop aufgespannten Faden beobachtet. Diese Ungewissheit von $\frac{1}{2}$ Sek. macht bey einer Reihe von 100 Schwingungen einen

*) Zu diesen Versuchen sind die kleinen Reisependel, die halbe Sekunden schlagen, sehr bequem.

Fehler von 0,005 Sek.; also bey 5 Reihen nur den tausendsten Theil der Sekunde Ungewissheit.

Ich nehme an, dass man ungefähr 100 verschiedene Stadien von 1 Linie Bewegung in der Sekunde bis zu 120 Fuss mit aller Sorgfalt bestimmt habe, so kennt man zwar nicht die Grösse der Bewegung und des Widerstandes *völlig scharf*, aber man kennt die Gränzen der *möglichen* Fehler, zwischen denen diese Grössen liegen *müssen*. Nimmt man nun diese Gränzen, die nicht weit aus einander liegen können, und bestimmt mit diesen eine krumme Linie, bey der die Geschwindigkeiten die Abscissen, und der Widerstand die Ordinaten sind: so drückt diese das Gesetz des Widerstandes aus, und man wird bald die Werthe der einzelnen Grössen finden, auf denen dieses Gesetz beruht. Nur durch eine Methode, die so sicher zum Ziele geht, darf man hoffen, eine Lehre zu vollenden, die seit 100 Jahren in England, Frankreich, Deutschland und Russland von sehr vorzüglichen Köpfen vergebens bearbeitet wurde.

Es wird bey diesen Versuchen vorzüglich auf folgende Punkte ankommen:

I. Bey *langsamen* Bewegungen. Bey diesen muss 1) die Grösse der Cohäsion der Luft, und 2) die Grösse der Reibung der Luft von einander getrennt und besonders untersucht werden. Dann welchen Einfluss Wärme, Feuchtigkeit und Elasticität der Luft auf ihre Cohäsion und Frixion haben, und ob dieser Einfluss

grösser ist, als die Fehlergränze sehr fleissig aufgestellter Beobachtungen?

II. Bey *mittleren* Bewegungen ist der Einfluss der Cohäsion und Frixion der Luft gegen die Grösse der Bewegung so klein, dass er sich mit den unvermeidlichen Fehlern der Beobachtung so vermischt, dass bey ihnen das Gesetz des Widerstandes keine Ausnahme zu leiden scheint.

III. Bey *schnellen* Bewegungen sind besonders 2 Grössen zu bestimmen, welche den Widerstand vermehren. Die 1ste ist der leere Raum, der hinter der Kugel entsteht; die 2te die Verdichtung der Luft vor der Kugel.

Beyde müssen in den Versuchen von einander getrennt werden. Der erste ist, wenn er einmal da ist, vermuthlich bis auf eine Kleinigkeit constant: denn die Figur des leeren Raums an der Kugel ändert sich nur sehr wenig, sobald seine lange Axe 8- oder 10mal grösser ist, als der Durchmesser der Kugel. Hingegen das Zusammendrücken der Luft vor der Kugel scheint wenigstens eine Zeitlang immer im Zunehmen zu bleiben, bis auch hier vielleicht die Luft wieder ein Maximum von Dichtigkeit bekömmt, wo das Abfliessen wieder verhältnissmässig schneller wird. Die Versuche geben demnach den Widerstand der Kugel in einem Fluido, welches 2mal dichter ist, als die atmosphärische Luft an der Erde.

Um den Widerstand für grössere Geschwindigkeiten zu bestimmen, müsste man die Kugeln gegen Pendel schiessen, und sich hiebey die oben angeführten Versuche von *d'Arcy* zum Muster nehmen. Es würde vielleicht gut seyn, wenn man an seinem Pendel die Zapfen der Axe, statt sie in Pfannen gehen zu lassen, auf Frixionsrädern laufen liess. Dieses wäre die einzige Verbesserung, die ich bey ihnen vorzuschlagen wüsste.

Charles Huttons hat diese Versuche schon angestellt; aber, wie es mir scheint, nicht mit der Genauigkeit und mit der scharfen Bestimmung der beständigen Fehler, welche bey diesen Versuchen so nothwendig ist. Folgende Nachricht über diese Versuche verdanke ich der Güte des Herrn Professors *Gilbert*, zu dessen seltener physikalischen Erudition man fast nie vergebens seine Zuflucht nimmt.

Huttons stellte diese Versuche mit Schwungmaschinen und mit geschossenen Kugeln, welche 1 bis 6 Pf. an Gewicht hatten, an.

Die Versuche theilen sich in zwey Klassen. Die erste betrifft den Widerstand der Luft auf Kugeln, die zweyte untersucht den auf Flächen und andere Körper unter verschiedenen Winkeln des Maasses. Ich will hier nur die ersten anführen, weil in diesen das Gesetz des Widerstands am einfachsten ist, und weil die Versuche in St. Michael sich nur mit dem Widerstand der Luft auf Kugeln beschäftigten *).

*) *Huttons* Versuche sind bereits ins Französische unter folgen-

In folgender Tabelle stehen in der ersten Reihe die verschiedenen Geschwindigkeiten von 0 bis 2000 Fuss in 1 Sek.

In der zweyten findet man den Widerstand, wie die Experimente ihn angeben, in Unzen *avoir du pois.*

In der dritten steht der nach der Theorie berechnete Widerstand, und in der vierten das Verhältniss des Berechneten zum Beobachteten, oder der Quotient, den man erhält, wenn man die Zahl der ersten Reihe mit der nebenstehenden in der zweyten dividirt.

In der letzten Reihe endlich stehen die Exponenten derjenigen Potenz der Geschwindigkeit, welche dem beobachteten Widerstand proportional ist. Sie sind aus der Vergleichung des bey 20 Fuss Geschwindigkeit Statt findenden Widerstands mit jeder folgenden Beobachtung hergeleitet.

Die Kugeln halten 1,965 engl. Zoll Durchmesser.

dem Titel übersetzt: *Huttons nouvelles experiences d'Artillerie, par Villantroys.* Paris, Magimel 1802, 8. 7 1/2 Franc.

Geschw. in 1 Sek Fuſs.	Wider-ſtand n. den Verſuchen. Unzen.	Wider-ſtand n. der Theorie. Unzen	Verhältniſs der theoret. Beſtim. zum wahren Widerſtand.	Potenz der Geſchw., welche den Widerſtand ausdrückt.
5	0,006	0,005	1,20	
10	0,0245	0,020	1,23	
15	0,055	0,044	1,25	
20	0,100	0,079	1,27	
25	0,157	0,123	1,28	2,022
30	0,23	0,177	1,30	2,055
40	0,42	0,314	1,33	2,068
50	0,67	0,491	1,36	2,075
100	2,72	1,964	1,38	2,059
200	11,00	7,9	1,40	2,041
300	25,00	18,7	1,41	2,039
400	45,	31,4	1,43	2,039
500	72,	49,	1,47	2,044
600	107,	71,	1,51	2,051
700	151,	96,	1,57	2,059
800	205	126	1,63	2,068
900	271	159	1,70	2,077
1000	350	196	1,78	2,086
1100	442	238	1,86	2,095
1200	546	283	1,90	2,102
1300	661	332	1,99	2,107
1400	785	385	2,04	2,111
1500	916	442	2,07	2,113
1600	1051	503	2,09	2,113
1700	1186	568	2,08	2,111
1800	1319	636	2,07	2,108
1900	1447	709	2,04	2,104
2000	1569	786	2,00	2,098

*) Wie es *Huttons* gemacht, daſs er in der ganzen Reihe der Geſchwindigkeiten runde Zahlen erhalten, das finde ich nicht angegeben. Bey Verſuchen iſt dieſes unmöglich. Es iſt daher wahrſcheinlich, daſs dieſe runde Zahlen aus andern hergeleitet ſind, und daſs dieſe nicht die Originalbeobachtungen enthalten.

Aus der zweyten, dritten und vierten Vertikalreihe erhellet, daſs bey langſamen Bewegungen der beobachtete Widerſtand beynahe dem berechneten gleich iſt, daſs aber bey zunehmender Geſchwindigkeit die erſte den letzteren immehr mehr und mehr übertrifft, ſo daſs er bey 1300 Fuſs Geſchwindigkeit ſchon doppelt ſo groſs iſt, als die Berechnung angibt. Der Unterſchied beyder wird dann noch etwas gröſser, bis die Geſchwindigkeit 1600 oder 1700 Fuſs erreicht. Aber hier hat das Verhältniſs des beobachteten zum berechneten Widerſtande ſein Maximum, und iſt beynahe wie 2, 1 : 1. Von hier an nimmt er bey vergröſserter Geſchwindigkeit allmählig wieder ab, und wenn die Kugel 2000 Fuſs in 1 Sek. zurücklegt: ſo iſt der Widerſtand nur gerade das Doppelte des Berechneten.

Die Zahlen der letzten Vertikalreihe zeigen, daſs bey langſamen Bewegungen der Widerſtand ziemlich genau dem Quadrat der Geſchwindigkeit proportional iſt; daſs man aber bey gröſseren Geſchwindigkeiten einen immer etwas gröſseren Exponenten annehmen muſs, bis dieſer bey 1500 Fuſs Geſchwindigkeit $= 2\frac{1}{9}$ wird (oder der Widerſtand der $2\frac{1}{9}$ Potenz der Geſchwindigkeit proportional). Und dieſes iſt ſein gröſster Werth, weil er bey wachſender Geſchwindigkeit wieder abnimmt. Ähnliche Schlüſſe haben ſich aus Verſuchen mit gröſseren Kugeln ergeben.

Hieraus erhellet alſo, daſs Herr *Robins* ſich irrte, wenn er glaubte, daſs der Widerſtand ſich plötzlich und auf einmal ändere, nämlich daſs er anfangs dem

Quadrat der Geschwindigkeit proportional, und dann bey vergröſserter Geschwindigkeit einer höheren beständigen Potenz derselben proportional sey. Auch darin irrte er sich, wenn er glaubte, daſs der Widerstand dreymal gröſser werde, als die Theorie ihn angibt, weil er nie gröſser, als $2\frac{1}{2}$ wird, und bey gröſseren Geschwindigkeiten wieder abnimmt. So weit *Huttons*.

Die regelmäſsige Zu- und Abnahme des Widerstandes erweckt ein gutes Vorurtheil für diese Versuche. Ob jedes Resultat in der Tabelle ein Mittel aus mehreren war, das ist nicht angegeben; und eben so wenig kann ich die Sorgfalt bestimmen, mit der *Huttons* gearbeitet hat, da ich seine Originalversuche mit der Beschreibung aller einzelnen Umstände und der Vorsichtsmaaſsregeln, deren er sich dabey bedient, nicht einsehen konnte. Das angeführte ist nur ein Auszug aus einer englischen Rezension, die mir Hr. Prof. *Gilbert* verschaffte.

Vergleicht man diese Versuche mit denen in St. Michael, so sieht man, daſs beyde nicht mit einander übereinstimmen *).

Mein Freund *Brandes* stellte hierüber folgende Vergleichung an:

„Nenne ich den Widerstand, den eine Kugel, deren Halbmesser = r ist, leidet, = R, das Gewicht eines Cubickfuſses Luft = n, die Geschwindigkeit = c:

*) Der beyläufige Ueberschlag S. 201. ist fehlerhaft.

so ist nun nicht $R = \frac{n \pi r^2}{89} c^2$, sondern $R = \frac{n \pi r^2}{89} c^{2,06}$. Da sich nach *Huttons* bey Geschw. unter 100 Fuſs in 1 Sek. der Widerſtand ungefähr verhält, wie die 2,06te Potenz der Geſchwindigkeit.

Die Maſſe der Kugel ſey $M = \frac{4}{3} m \pi r^3$, wo m das Gewicht eines Cub. - F. Bley bedeutet. Heiſst alſo jetzt diejenige Geſchwindigkeit = K bey, welcher R = M wird: ſo iſt $K^{2,06} = \frac{4}{3} \cdot 89 \cdot \frac{m}{n} \cdot r$. oder für die bey den Verſuchen in St. Michael ſtatt findenden Gröſsen, von g, m, n, r.

$$K^{2,06} = 85682 \text{ folgl. } K = 261,87$$

indem $\log. 85682 = 4,9328896$

alſo $\frac{\log. 85682}{2,04} = 2,41808 = \log. 261,87.$

Bey der fernern Rechnung ſollte nun zwar eine Gleichung zwiſchen der gegebenen Fallhöhe und der Zeit, in welcher die Kugel herabfallen müſste, gefunden werden, aber dieſes läſst ſich wegen der zur Rechnung ſehr unbequemen Potenz der Geſchwindigkeit nicht wohl ausführen. Man würde nämlich aus der Differentialgleichung $\frac{dc}{1 - \left(\frac{c}{k}\right)^{2,04}} = 2\,g\,dt$ ein

ne ſolche Integralgleichung ſuchen müſsen, daſs man c durch t ausgedrückt erhielt, damit man in der zweiten allgemeinen Hauptgleichung $s = \int c\,dt$ dieſen Werth für c ſubſtituiren, und dann integriren könne. Dieſes lieſse ſich nun wohl durch eine für c angenommene Reihe, etwa in der Form $c = 2gt + At^{m+1} + Bt^{2m+1} + + \ldots$ erreichen, aber theils iſt die Rechnung ſchwierig, weil dieſe Reihe auf die Potenz 2,04 erhoben werden muſs, ehe man die Coefficienten beſtimmt erhält, theils iſt man nicht einmal ſicher, ob ſie convergiren wird. Deſswegen ſcheint mir folgende indirekte Methode bequemer.

Aus der erſten Gleichung $dc\,(1 - \left(\frac{c}{k}\right)^{a-t} = 2g\,dt$ wo ich a ſtatt der Zahl 2,04 ſchreibe, folgt ſehr leicht

$$t = \frac{c}{2g}\left\{1 + \frac{1}{a+1}\left(\frac{c}{k}\right)^{a} + \frac{1}{2a+1}\cdot\left(\frac{c}{k}\right)^{2a} + \frac{1}{3a+1}\left(\frac{c}{k}\right)^{3a} + + \ldots\right\}$$

eine Reihe die allemal convergirt, wenn wie hier wo die Bewegung anfänglich = o war $c < k$ iſt. Aus der Differentialgleichung hat man aber auch $dt = \frac{dc}{2g\left(1 - \left(\frac{c}{k}\right)^{a}\right)}$

folglich iſt $ds = c\,dt$ auch $= \frac{c\,dc}{2g\left(1 - \left(\frac{c}{k}\right)^{a}\right)}$ und

es läſst ſich eine Vergleichung zwiſchen s und c finden, wo s durch c gegeben wird. Man findet nämlich

$$s = \frac{c^2}{4g}\left\{1 + \frac{2}{a+2}\left(\frac{c}{k}\right)^a + \frac{2}{2a+2}\left(\frac{c}{k}\right)^{2a} + \frac{2}{3a+2}\left(\frac{c}{k}\right)^{2a} + + \ldots\right\}.$$

Für gegebene Werthe von c laſsen ſich alſo die zugehörigen s und t beſtimmen, und man erhält folglich ſo viel zuſammengehörige s und t, als man will; man kann wenigſtens durch nahe Interpolation finden, welcher Werth von t zu einem gegebenen s gehöre.

Für die Verſuche in St. Michael finde ich, daſs für die Geſchwindigkeit c = 25 Fuſs

t = 0″, 8302 und s = 10,393 Fuſs

für c = 90 F. t = 3″,11045 und s = 143,021 —

c = 114 F. t = 4″,05844 und s = 239,8957 —

c = 130 F. t = 4″,7488 und s = 324,1905.

Nach dieſen Vorausſetzungen, wäre alſo

für 10 F. Fallhöhe die Zeit				t = 0″,8145	= 0″,48‴,87
144	—	—	—	t = 3″,1292	= 3″, 7‴,75
240	—	—	—	t = 4″,0566	= 4″, 3‴,40
321	—	—	—	t = 4″,7243	= 4″,43‴,46

Vergleicht man dieſe berechnete Fallzeiten mit dem beobachteten in St. Michael, ſo erhält man folgende Reſultate:

	berechnet.	beobachtet.	Unterschied.
144 F.	3″,7‴,75	3″,6‴,95	— 0‴,80
240 F.	4,3,40	4,3,70	+ 0,30
321 F.	4,43,46	4,48,30	+ 4,84

Die Beobachtung auf 321 weicht alſo faſt eben ſo viel von *Huttons* Verſuchen ab, als von der Theorie. Die von 240, weicht nur 0‴,3 ab, und da auf dieſem Stadio die Ungewiſsheit auf ein paar Dezimale der Tertie geht, ſo läſst ſich hierüber weiter nichts ſagen. Hingegen auf 144, wo *Huttons* um 0‴,8 abweicht, da kann man mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daſs ſeine Verſuche bedeutend fehlerhaft ſeyn müſsen, da die Ungewiſsheit der Verſuche in St. Michael auf dieſem Stadio nicht über 0‴,1 Tertie geht, und *Huttons* Abweichung alſo achtmal gröſser iſt, als die ganze Ungewiſsheit. — Auf dieſem Stadio weicht die Theorie des Widerſtands auch nur um 0‴,09 von der Erfahrung ab.

Da *Huttons* Verſuche bis zu 90 Fuſs Geſchwindigkeit den Widerſtand bedeutend gröſser geben, ſo folgt hieraus, daſs er irgendwo einen Umſtand überſehen habe, der einen beſtändigen Einfluſs auf ſeine Verſuche gehabt hat. — Und daſs er dieſen überſehen, das hat vielleicht darin ſeinen Grund, daſs er ſeine Verſuche nirgend an ſchon bekannte Gröſsen anknüpfte — indem er abſolute Gröſsen beſtimmte, und keine Differenzen. Hätte er ſeine Verſuche an die von *Deſaguliers* in St. Paul geknüpft, ſo würde dieſer Irrthum nicht haben Statt finden können. Dieſes hätte er

um so mehr gekonnt, da die Ungewissheit der Versuche von *Desaguliers* für mittlere Geschwindigkeiten in äusserst engen Grenzen eingeschlossen ist, und man sich also zur Bestimmung seiner constanten Fehler immer sicher an sie anlehnen kann.

Nimmt man die Versuche in St. Michael von 144 Fuss Fallhöhe zur Bestimmung des beständigen Fehlers von *Huttons*, und berichtiget hiernach seine Geschwindigkeiten von 5 bis 50 Fuss in 1 Sek.: so wird die Widerstandscurve, die man durch diese legt, bedeutend anders.

Dann muss ich noch bemerken, dass bey *Huttons* Versuchen die Lücken von 50 bis 100, und von 100 bis 200 zu gross sind. Die Unregelmässigkeiten, die die Widerstandskurve hier sehr wahrscheinlich hat, (wegen des Verdickens der Luft vor der Kugel und wegen des Verdünnens hinter ihr) konnte *Huttons* nicht finden, weil er sie bey seinen Versuchen überschlug. Die Geschwindigkeit, welche eine Kugel hat, die von 321 Fuss fällt, hat *Huttons* gar nicht, und schon desswegen können die Versuche in St. Michael hier eine Krümmung in der Widerstandskurve anzeigen, die *Huttons* unbekannt blieb, und mit seinen übrigen Versuchen nicht zu stimmen scheint.

Der Widerstand für die Geschwindigkeiten, die grösser als 2000 Fuss in der Sekunde sind, ist noch nicht untersucht. *Robins* grösste Geschwindigkeit war 1690 Fuss. Die Länge des Laufs der Muskete finde ich nicht angegeben, vermuthlich etwa 6 Fuss. — *D'Arcys* Lauf war 6 Fuss lang, seine grösste Geschwin-

digkeit 1083 Fuſs. *Huttons* gröſste Geſchwindigkeit war 2000 Fuſs. Da ſeine Kugeln beynahe 2 Zoll im Durchmeſſer hatten, ſo muſs er hiezu kleine Feldſtücke gebraucht haben, deren Lauf gewöhnlich nicht ſehr lang iſt.

Man würde dieſe groſse Geſchwindigkeiten vielleicht leichter erhalten, wenn man ſich Läufe von 7 bis 8 Fuſs Länge ausſchmieden lieſs, da bekanntlich die Geſchwindigkeit der Kugel um ſo gröſser wird, je länger das elaſtiſche Fluidum, das ſich aus dem entzündeten Pulver entwickelt, auf die Kugel wirken kann.

So lange Läufe zu erhalten, hat einige Schwierigkeiten, da man auf den Fabriken auf ſo lange Bohrungen nicht eingerichtet iſt *).

Die Läufe, die man gebraucht, müſſen gezogen ſeyn, und die Kugeln mit Barchent gefüttert werden, der mit Unſchlitt beſtrichen iſt. Wenn auf dieſe Weiſe die Kugel in den Lauf hineingeſchlagen wird, ſo geht gar kein Pulverdampf verloren, wenn nämlich der Lauf kein Zündloch hat. Durch dieſes entweicht immer ein groſser Theil der Dämpfe, und man wird nie Geſchwindigkeiten bis zu 3000 Fuſs und darüber erhalten können, wenn man keine Läufe gebraucht, als die waren, welche Graf *Rumford* in München gebrauchte. (S. die Beſchreibung hievon S. 150 in der Note).

*) Den längſten Lauf, den ich geſehen, war die Jagdflinte von *Jan de Werth*, die ſich im Kabinet des Herrn von *Hüpſch* in Cöln beſindet. Dieſer miſst vom Zündloch bis zur Mündung 7 Fuſs. Wo er verfertigt iſt, das läſst ſich nicht beſtimmen. Aus der Burger Lauffabrik im Herzogthum Berg, die damals ſo berühmt war, iſt er nicht, da er das Zeichen des wilden Manns nicht hat, das dieſe Fabrik auf ihre Läufe ſchlägt.

Wegen der ungeheuern Kraft der völlig eingeſchloſſenen Pulverdämpfe werden dieſe Verſuche ein wenig gefährlich werden. Doch wird man die Gefahr durch die groſse Stärke, die man dem Lauf in der Pulverkammer gibt, und durch eine Bruſtwehre von Balken, hinter welcher derjenige ſteht, der die glühende Kugel an die Zündröhre ſchiebt, ſehr vermindern können.

Uebrigens behalten die Verſuche mit Flintenläufen immer einen groſsen Vorzug vor denen mit Kanonen. Die Beſchwerlichkeit, die mit der Handhabung der Kanone verknüpft iſt, und dann die Koſtbarkeit der Verſuche haben immer einen nachtheiligen Einfluſs auf dieſe. Man iſt ſelten geneigt, koſtbare und beſchwerliche Verſuche in ſo groſser Anzahl anzuſtellen, als ſolche, wo man die Einrichtung ſo getroffen hat, daſs ſie nur wenig Mühe und wenig Koſten machen. Bey *Huttons* Verſuchen mit 6pfündigen Kanonen koſtete gewiſs jeder über 1½ Rthlr.

Die ſchönſte Seite an *Huttons* Verſuchen iſt die, daſs er ſich 10 Jahre hindurch mit ihnen beſchäftigte. Dieſes iſt die rechte Weiſe, wenn man in einer ſchwierigen Sache bis auf den Grund kommen will.

Es wäre ſehr wichtig, wenn man die Verſuche über den Widerſtand der Luft in Bergwerken wiederholte, wo man eine Fallhöhe von 800 bis 1000 Fuſs hat. Nur müſste man ſich hiebey nicht der gewöhnlichen Tertienuhren bedienen, weil deren Gang zu veränderlich iſt, und gar zu viele Beobachtungen erfordert. Auch kann der Tertienzeiger auf dieſen nie völlig gleichförmig herumgehen, weil die Unruhe 5 Schläge in der

Sekunde macht, und diese immer den Gang von 12 zu 12 Tertien springend machen. Seit Herr Uhrmacher *Pfaffius* in Wesel *) das kreisförmige Pendel erfunden und mit gutem Erfolge auf die Uhren angewandt hat, haben wir ein stet fortgehendes Zeitmaſs, welches, auf Tertienuhren angewandt, sehr gute Dienste leisten wird. Ich habe Herrn *Pfaffius* vorgeschlagen, eine halbe Sekundenuhr nach Art der Tertienuhren einzurichten. Wenn man dem Tertienrade einen Sperrhacken gibt, und es durch eine hohle Büchse vom Gehwerke führen läſst, welche nur durch eine schwache Reibung die Achse dreht: so kann man Sekunden- und Tertienzeiger still halten, indeſs die Uhr am Gehen bleibt. Hebt man den Sperrhacken aus, so nimmt die hohle Büchse die Zeigerachsen gleich wieder mit; und dieses ist sicherer, als das Einspringen der Unruhen in den Uhren. Da hiebey das Zeitmaſs *das gleichförmig im Kreise gehende Pendel* ist, so wird dieses sehr regelmäſsig seyn, und mit einer solchen

*) Schon der groſse *Huygens* kannte das Centrifugalpendel, wie man aus dem Ende seines Buchs über die Pendeluhren sieht, wo er in einem eigenen Abschnitt von dem kreisförmigen Pendel handelt, und auch sagt, daſs man schon solche Uhren verfertiget habe. Herr *Pfaffius* ist, ohne dieses zu wissen, von selbst auf diese Idee gekommen, und hat sich einen sehr schönen und einfachen Mechanismus zur Bewegung des Pendels ausgedacht. Es wiegt sich nämlich auf zwey senkrecht auf einander gehenden Schneiden. (S. *Gilberts* Annalen der Physik B. XVI. S. 494). *Huygens* Pendel schwingt hingegen an einem Faden, der sich an ein cykloidisch gebogenes Blech anlehnt. Herr *Pfaffius* hat schon eine Kirchenuhr und mehrere Hausuhren auf diese Weise gemacht, die sehr gut gehen.

Tertienuhr wird man nicht allein längere Zeiten mit einer gröſseren Genauigkeit beſtimmen können, als bisher, ſondern auch bey den kürzeren wird man mit 10 Beobachtungen eben ſo weit kommen, als ſonſt mit 80, ſobald man einmal den beſtändigen Fehler der Beobachtung und der Uhr beſtimmt hat. Eine ſolche Uhr ändert nicht in jeder Stunde ihren mittleren Gang, wie es unſere jetzigen Tertienuhren thun, und ſie iſt auch nicht ſo der Abnutzung ausgeſetzt, als dieſe. Wenn man mit dieſen 1000 Beobachtungen gemacht hat, und zugleich immer an dem Pendel ihren mittleren Gang beſtimmt: ſo iſt der Zylinder ſchon ſo ausgelauſen, daſs die Uhr nicht mehr gehen kann. Man vergleiche hiemit, was ich im erſten Abſchnitt über den Gang der Tertienuhren angeführt habe.

Umdrehung der Erde.

Ueber die Verſuche mit geſchoſſenen Kugeln.

Die Verſuche, die man hierüber in Frankreich angeſtellt hat, waren ſo übel angelegt, daſs ſie nothwendig miſslingen muſsten, und ſie würden noch miſslungen ſeyn, wenn ſie auch nur um ein Zehntel ſo fehlerhaft geweſen, als ſie wirklich waren. *Merſenne* und *Petit* fanden ihre Kugeln gar nicht wieder (woraus *Carteſius* ſchloſs, daſs ſie noch in den ungeheuren Räumen des Himmels herumirrten), und in Strasburg fiel die eine 1800 Fuſs ſüdlich, und die andere 2200 Fuſs öſtlich (ſ. S. 260 und 299).

Der Hauptfehler, den man hiebey beging, war der, daſs man keine gezogene Büchſen gebrauchte, ſondern Kanonen.

Es iſt ſehr ſchwer, eine Kanone ſo zu befeſtigen, daſs ſie unverrückt bleibt, wenn in ihr eine Maſſe von 12 Pfund Pulver entzündet wird. Hingegen eine Büchſe läſst ſich leicht zwiſchen Stellſchrauben ſo feſtſetzen, daſs ſie bey der Entzündung von $\frac{1}{2}$ Unze Pulver unbeweglich bleibt.

Dann ſind zweytens die Kanonen nicht gezogen. — Die Kugel dreht ſich daher nicht um ihre Achſe, und ſie geht folglich nicht ſteilrecht in die Höhe, ſobald ſie nicht vollkommen rund iſt. Und das ſind die gegoſſenen Kanonenkugeln wohl ſelten. Bey einer Büchſe hingegen muſs die Kugel immer gerade ausgehen, auch wenn ſie nicht vollkommen rund iſt, da ſie durch den *Zug* im Lauf eine Achſendrehung bekommt, die ihrer Richtung parallel iſt, wo alſo ihre Ungleichheiten eben ſo oft auf die rechte Seite fallen, als auf die linke.

Endlich richtete man drittens die Kanonen bloſs mit einem Lothe ſenkrecht, ohne daſs man ein Abſehen in der Höhe hatte, nach dem man ſie richten konnte. Es iſt aber der Natur der Sache nach nicht möglich, daſs man mit einem Loth von 6 Fuſs die Kanone ſo richte, daſs die Achſe der Bohrung nicht noch um mehrere Minuten von der Lothlinie abweiche, wenn man ſie für ſenkrecht hält.

Man würde dieſe Verſuche auf folgende Weiſe am beſten anſtellen können.

Man nimmt einen gezogenen Büchſenlauf, auf dem ein kleines Fernrohr mit einem Fadenkreuz ge-

ſchraubt wird, deſſen Achſe der Achſe der Bohrung parallel iſt.

Man befeſtigt dann den Lauf mit ſtarken Stellſchrauben in ein Gerüſte, das an der Weſtſeite eines Thurms ſteht. Zum oberſten Thurmfenſter wird ein Brett hinaus gelegt, das ein Loch hat, deſſen Durchmeſſer etwas gröſſer iſt, als der Durchmeſſer der Kugel. Wenn das Brett befeſtigt iſt, ſo wird durch das Loch ein Loth hinunter gelaſſen, und nach dieſem der Büchſenlauf ſenkrecht gerichtet.

Neben dem groſsen Loch des Brettes iſt ein kleines Loch, deſſen Entfernung vom Mittelpunkt des groſsen eben ſo viel beträgt, als die Entfernung der Achſe des Büchſenlaufes von der Achſe des Fernrohrs. Schneidet nun das Fadenkreuz des Fernrohrs den Mittelpunkt des kleinen Lochs, ſo iſt man ſicher, daſs der Lauf ſo ſenkrecht ſtehe, daſs auf einer Entfernung von 2 bis 300 Fuſs noch keine Abweichung merkbar iſt. *)

Die Kugel wird gedrechſelt, mit Barchent gefüttert, und mit einer Zündröhre losgeſchoſſen. Iſt irgend ein Verſehen vorgefallen, ſo ſchlägt die Kugel das Brett entzwey, und man weiſs gleich, daſs der Verſuch miſslungen iſt. Geht ſie aber durch das Richtloch, ſo iſt man ſicher, daſs ſie wenigſtens bis auf eine Höhe von 2 oder 300 Fuſs ſenkrecht ging, und iſt ſie erſt ſo weit, dann geht ſie auch weiter ſenkrecht, wenn nemlich die Luft völlig ruhig iſt.

*) Eigentlich geht die Kugel von der Mündung des Laufs bis zum Brett nicht völlig ſenkrecht. Da ſie aber dieſen Raum in etwa 1/4 Sek. zurücklegt, ſo iſt die Abweichung nach Weſten nur etwa 1/4 Linie, alſo ſo unmerklich, daſs man bey dem Richten des Laufs nicht braucht darauf Rückſicht zu nehmen.

In den warmen Augufttagen ift die Luft oft fo ruhig, dafs fich nicht einmal die Blätter der Zitterpappel bewegen. Diefelbe Ruhe der Atmofphäre findet oft im Winter ftatt, bey ftillem Frofte, oder bey neblichtem Wetter. *) Ich wollte diefe Verfuche im Winter von 1803 am Kirchthurm in Schöller **) anftellen. Ich zweifelte nicht an dem Erfolge, da *d'Alembert* berechnet, dafs eine Kugel, die mit 900 Fufs gefchwindigkeit in einer Sekunde in die Höhe ginge, unterm Aequator 60 Fufs nach Weften abweichen würde. Hiernach wäre es in Schöller doch wohl bey einer ftarken Ladung 20 Fufs gewefen, und diefes war eine Gröfse, mit der fich auskommen liefs.

Bey einer näheren Unterfuchung fand ich aber, dafs *d'Alembert* feine Rechnung für den leeren Raum geführt, und dafs, wenn man auf den Widerftand der Luft Rückficht nimmt, man keine 20 Fufs Abweichung nach Weften, fondern nur vielleicht 2 oder 3 bekömmt. Und diefe Gröfse fchien mir zu klein, um mit Erfolg Verfuche darüber anftellen zu können. Wenn man auch den Lauf bis auf 10 Sekunden fenkrecht gerichtet hat, und wenn auch die Atmofphäre an der Erde ruhig ift, fo ift es doch fchwer zu behaupten, dafs fie es bis auf 5000 Fufs fo fehr fey, dafs fie die Kugel nicht auf 3 oder 4 Fufs abtreibe. Wenn ein kleiner

*) Ob die Luft in der Höhe von 3 bis 4000 Fufs von der Erde eben fo ruhig ift, das könnte man mit einem kleinen Ballon unterfuchen, den man vor den Verfuchen fteigen liefs.

**) Schöller ift ein kleines Dorf von fieben Häufern zwifchen Elberfeld und Düffeldorf, in dem mein Vater Prediger ift.

Luftzug bey einer Fallhöhe von 250 Fuſs ſchon eine Kugel um 2 Zoll ablenken kann, ſo iſt es bey der zwanzigmal höheren Fallhöhe im Freien leicht, daſs ſie um 3 oder 4 Fuſs abgelenkt werde.

Wenn man dieſe Verſuche mit Erfolg anſtellen wollte, ſo müſte man eine groſse Reihe zu verſchiedenen Jahreszeiten und Tageszeiten anſtellen, und dann aus allen Abweichungen das Mittel nehmen. Wenn man ſorgfältig alle beſtimmte Fehler vermieden hätte, ſo würde ſich die Abweichung der Kugel nach Weſten, wenn man ſie 50 oder 60 mal hätte wiederholen laſſen, in der Summe etwa 150 Fuſs betragen, welche ſich doch wohl würden finden laſſen. Nur müſten dann die Kugeln beſſer fallen, als die Kanonenkugeln in Strasburg, die um 1800 und 2000 Fuſs von der Senkrechten abweichen.

Mein Freund *Brandes* berechnete die Abweichung einer Kugel nach Weſten zu 34,7 Fuſs, wenn ſie auf dem 50ſten Grade der Breite mit 1000 Fuſs Geſchwindigkeit im luftleeren Raume in die Höhe geſchoſſen würde.

Wird hingegen die Kugel im lufterfüllten Raume mit dieſer Geſchwindigkeit auf den 50ſten Grad der Breite in die Höhe geſchoſſen, ſo iſt ihre Abweichung nach Weſten bey ihrem Niederfalle nur 4,27 Fuſs. Sie blieb dann 33,7 Sek. in der Luft, und ſtieg zu einer Höhe von 4200 Fuſs in Zeit von 13,7 Sekunden. Hierbey iſt in der Rechnung vorausgeſetzt, daſs die Luft bis auf 4000 Fuſs nicht merklich dünner ſey, als an der Erde. — Ferner, daſs die oberen Lufttheilchen der Kugel von ihrer gröſſeren Geſchwindigkeit nach Mor-

gen nichts mittheilen, und endlich, daſs das Neutonſche Geſetz des Widerſtands das wahre ſey.

Alle drey Bedingungen ſind nicht völlig wahr. — Wegen der erſten wird die Abweichung nach Weſten etwas gröſſer, wegen der beyden letzten aber wieder kleiner. Doch wird die geſchwindere Bewegung der oberen Lufttheilchen und die gröſſere Dünnheit der Luft in der Höhe von 4000 Fuſs wenig Einfluſs aufs Reſultat haben. Wenn man aber bedenkt, daſs für eine Geſchwindigkeit von 1000 Fuſs der Widerſtand 1,7 mal ſo groſs iſt als das Neutonſche Geſetz, und man bedenkt ferner, daſs der bloſse Widerſtand die Abweichung nach Weſten von 34 Fuſs auf 4 verminderte, ſo ſieht man, daſs wahrſcheinlich die Abweichung nach Weſten noch bedeutend kleiner als 4,2 Fuſs ſeyn würde, wenn man ſtatt des Neutonſchen Geſetzes das wahre Geſetz beym Widerſtand in Rechnung nähme. *)

*) Obige Reſultate ſind aus einer Abhandlung: Ueber die Abweichung ſteilrecht geſchoſſener Kugeln, von *W. Brandes*, welche mein Freund für *Voigts* Magazin der Naturkunde beſtimmt hat.

Nachtrag
zu Dr. *Hooks* Verſuchen.

Man hat eine kleine Schrift, welche den Titel führt: *Conamen ad motum telluris probandum, ex observationibus Aſtronomi Celeberrimi Roberti Hooke. Quod e ſermone Anglicano in latinum transtulit Guilielmus Nicolſon. Collegii Reg. apud Oxonienſes Art. Bacc. Ao* 1679. ohne Druckott, 5 S. Vorrede, 25 Seiten Text in Quarto. Ich erhielt dieſe Schrift durch die Güte des Herrn Prof. *Gilbert* und glaubte ſicher, etwas über die Rotationsverſuche hierin zu finden. Aber ſie enthält nicht dieſe, ſondern Dr. *Hooks* Beobachtungen über die Parallaxe der Fixſterne. Auf einer Kupfertafel ſind die Werkzeuge abgebildet, die er hierbey gebrauchte. (Es iſt ein 36 füſsiges Fernrohr, mit dem er den hellen Stern im Drachen dreymal beobachtete, und ſeine Parallaxe auf 27 bis 30 Sek. ſchätzte.)

Ich glaube nicht, daſs etwas weiter von *Hooks* Rotations-Verſuchen aufzufinden iſt. Ich habe mir auf der pariſer kaiſerlichen Bibliothek alles geben laſſen, was

von Dr. *Hook* da war, aber von seinen Rotations-Versuchen weder etwas in seinen *Posthumis*, die *Waller* heraus gab, noch in den kleinen Abhandlungen, die *Derham* sammelte, auffinden.

Bey dieser literärischen Bemerkung gelegentlich eine literärische Frage wegen Copernicus:

Hat dieser ausser seinen sechs Büchern *de Revolutionibus* noch ein anderes Werk geschrieben? In *Jöcher* und in einigen Schriften, die von seinen Werken handeln, wird seine *Astronomia instaurata* als ein eigenes Werk angeführt. Aber dieses ist nur ein anderer Titel zu einer anderen Ausgabe der sechs Bücher *de Revolutionibus*. — Eben so steht in der Lebensgeschichte des Copernikus in den *Geogr. Ephem.*, dass er ein Buch *de lateribus et angulis triangulorum* geschrieben. Aber dieses ist eines der sechs Bücher *de Revolutionibus*. Eben daselbst ist eine Uebersetzung der Briefe des *Theophylactus Simocatta* aus dem Griechischen ins Lateinische von ihm angeführt, welche weder *Hoffmann* noch *Jöcher* noch *Cave* anführen. In *Hoffmanns* Lexicon steht ein Buch: *de motu octavæ sphæræ* von ihm angeführt, das ich ebenfalls nie habe finden können, weder in den Pariser Bibliotheken, noch in der Hamburger.

Druckfehler.

Seite 72 Zeile 8 Note lies Stärke ſtatt Stüke
— 235 — 9 l. ſondern aus der Hand der Zeit.
— 237 — 8 ſt. Ceulen l. Culm.
— 243 — 2 ſt. Biſchof von Cöln l. Biſchof zu Culm.
— 306 — 12 wird zuſammen weggeſtrichen.
— 307 — 10 ſt. Aigle l. Rigel
— 446 — 19 l. obliquum ſt. obliquium.
— 449 — 17 l. ebene und ſphäriſche Trig.
— 450 — letzte Zeile Torinenſers ſt. Lorinenſers.
— 454 — 13 l. und gleiche ſt. ungleiche.
— 458 — 4 l. in dem das ihm vorzüglich Ehre machte.
— 460 — 1 l. zuſammenfällt ſt. zuſammenhängt.
— 491 — 13 l. und läſst hier ſt. läſst hier.

Dann ſteht an ein paar Stellen Bally ſt. Bailly.

Bey den Gebr. *Mallinckrodt* ſind unter andern auch folgende Schriften herausgekommen, und in allen Buchhandlungen Deutſchlands zu haben:

Eversmanns Ueberſicht der Eiſen- und Stahl-Erzeugung, auf Waſſerwerken in den Ländern zwiſchen Lahn und Lippe. Nebſt Kupfern und einer groſsen technologiſcheu Charte. 2 Theile. 8 Rth.

Hoogen, J., Wie kommen wir weiter? oder: Ueber die einzigen Mittel, die Quellen der Armuth und Betteley in einem Lande zu verſtopfen, die Völker zu veredeln etc. 8. 10 Gr.

Kämpf's, Dr. Joh., mediciniſches Handbuch nach der neueſten von Dr. C. G. Th. Kortum in Stollberg verbeſſerten und vermehrten Ausgabe; aus dem Lateiniſchen überſetzt von Dr, J. Ch. F. Bährens. 8. 1 Rth. 4 Gr.

Kortum, Dr. C. G, T., vollſtändige phyſikaliſch-mediciniſche Abhandlung über die warmen Mineralquellen und Bäder in Aachen und Burdſcheid. gr. 8. 1 Rth.

— — Dr. K A., Beſchreibung einer neu entdeckten alten germaniſchen Grabſtätte, nebſt Erklärung der darin gefundenen Alterthümer; zugleich etwas zur Charakteriſtik alter römiſcher und germaniſcher Leichengebräuche und Gräber. 8. 10 Gr.

Chriſtl. Moral für den Kanzelgebrauch in alphabetiſcher Ordnung. Angehenden Predigern und Kandidaten des Predigtamts gewidmet. 6 Bände. gr. 8. 9 Rth.

Cicero's, M. T., Dialog von der Freundſchaft, überſetzt und mit einer Einleitung und Anmerkungen verſehen von J. A. Ehring. 8. 10 Gr.

Verſuch einer Geſchichte der chriſtlichen Moral, Aſcetik und Myſtik, vorzüglich in litterariſcher Rückſicht. Erſter Band. gr. 8. 1 Rth. 4 Gr.

Schram, Prof. J., die Verbeſſerung der Schulen in moraliſcher, politiſcher, pädagogiſcher und policeylicher Hinſicht. 8. 1 Rth. 6 Gr.

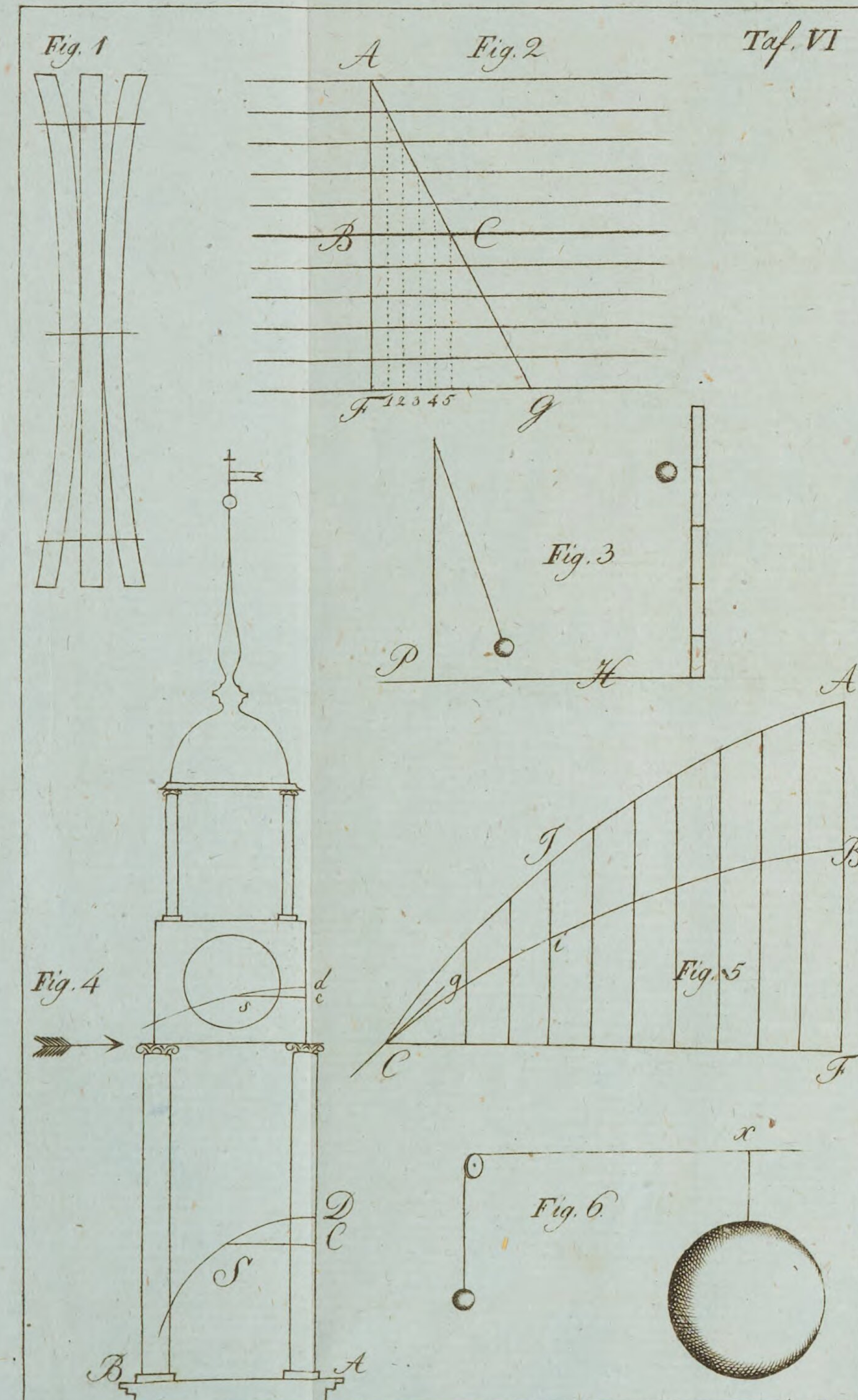
Senger, G. A, (Pr. zu Reck) die älteſte Urkunde der Papierfabrication in der Natur entdeckt, nebſt Vorſchlägen zu neuen Papierſtoffen. 8. (Gedruckt auf dem Papier von der Waſſerwolle. 12 Gr.)

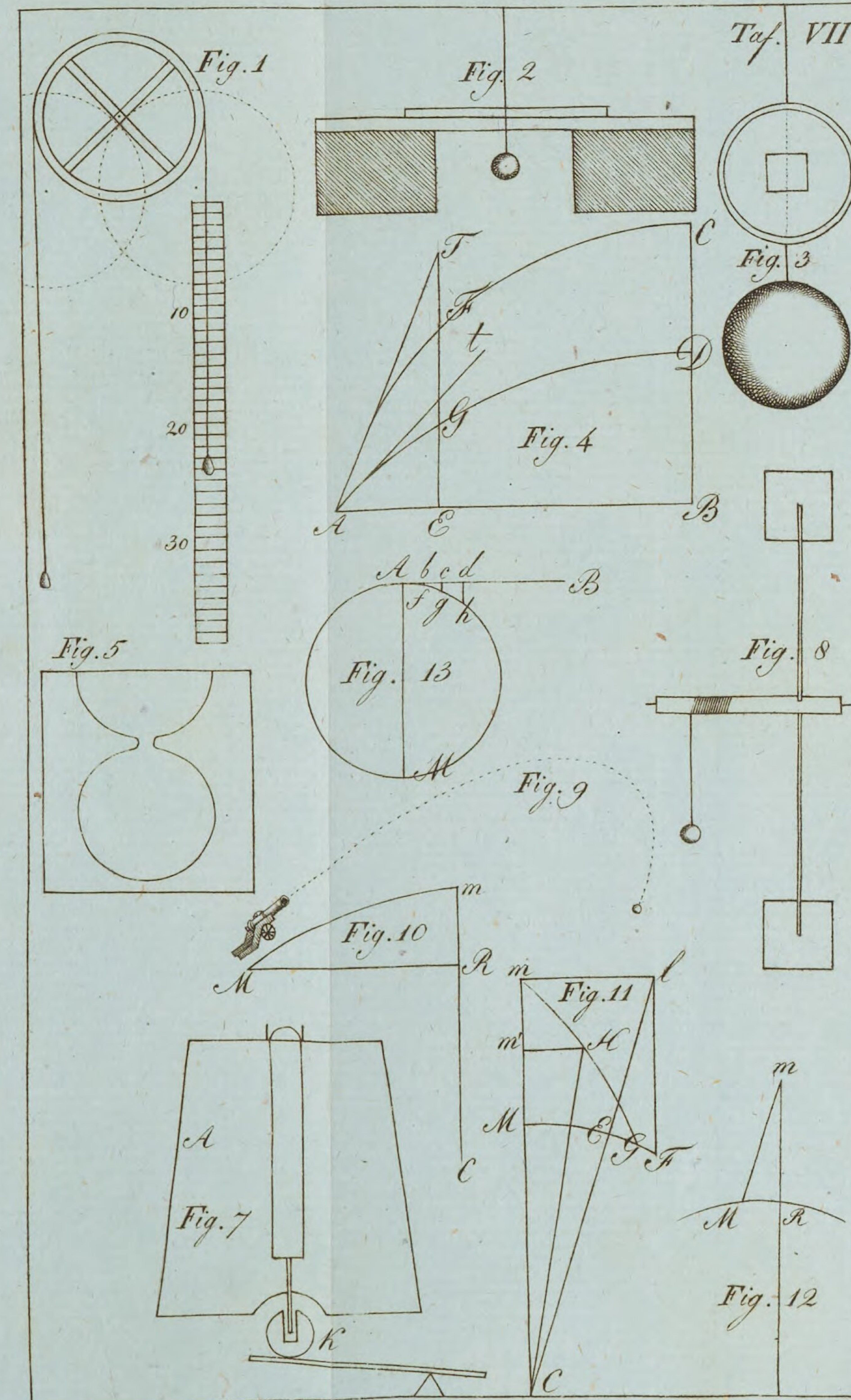
Tacitus, Cornelius, über Germanien. Lateiniſch und deutſch von J. Chr. Schlüter. 8. 9 Gr.

Bährens. Dr J. C. F., Syſtem der natürlichen und künſtlichen Düngemittel, für practiſche Landwirthe und mit Hinſicht auf engliſche Agricultur bearbeitet. Zweite durchaus umgearbeitete, vermehrte Ausgabe. 8. 16 Gr.

Die Mahlerey. Ein Gedicht in 2 Geſ. vom Prof. Aloyſ. Schreiber. Mit einer Titelvignette. gr. 8. 15 Gr.

Verſuch einer gründlichen und faſslichen Darſtellungen der bey den 4 Rechnungsarten mit entgegen geſetzten Gröſſen gewöhnlichen Regeln. 8. 4 Gr.


Taf. VI
Fig. 1
Fig. 2
A
B
C
F
1 2 3 4 5
G
Fig. 3
P
H
Fig. 4
d
c
s
D
C
S
B
A
Fig. 5
A
I
B
i
g
C
F
Fig. 6
x


Taf. VII
Fig. 1
10
20
30
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
T
F
t
G
D
C
A
E
B
A b c d
B
f g h
Fig. 13
M
Fig. 5
Fig. 8
Fig. 9
m
Fig. 10
M
R
C
m
l
Fig. 11
m
H
M
E
G
F
C
A
Fig. 7
K
m
M
R
Fig. 12

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Benzenberg, Johann Friedrich,

Versuche über das Gesetz des Falls, über den Widerstand der Luft und über die Umdrehung der Erde nebst der Geschichte aller früheren Versuche von Galiläi bis auf Guglielmini

Dortmund 1804

Astr.p. 12
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060427-7